

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DIVERSIDADE FENOTÍPICA E GENÉTICA EM CAVALOS DE
CORRIDA DA RAÇA QUARTO DE MILHA**

Ricardo António da Silva Faria

Técnico de gestão equina (Portugal)

Graduado em Equinicultura (Portugal)

M.Sc. em Genética e melhoramento animal (Brasil)

T
E
S
E

F
A
R
I
A

R.
A.
S.

2
0
1
9

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**DIVERSIDADE FENOTÍPICA E GENÉTICA EM CAVALOS DE
CORRIDA DA RAÇA QUARTO DE MILHA**

Ricardo António da Silva Faria

Orientador: Prof. Dr. Josineudson Augusto Il Vasconcelos Silva

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Genética e Melhoramento Animal.

F224d Faria, Ricardo António da Silva
Diversidade fenotípica e genética em cavalos de corrida da
raça Quarto de Milha / Ricardo António da Silva Faria. --
Jaboticabal, 2019
88 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Josineudson Augusto II Vasconcelos Silva

1. Esportes. 2. Estatística. 3. Hereditariedade. 4. Pedigree.
5. Velocidade. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

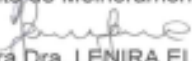
TÍTULO DA TESE: DIVERSIDADE FENOTÍPICA E GENÉTICA EM CAVALOS DE CORRIDA DA RAÇA QUARTO DE MILHA

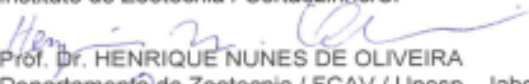
AUTOR: RICARDO ANTÔNIO DA SILVA FARIA

ORIENTADOR: JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELLOS SILVA

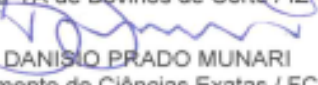
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em GENÉTICA E MELHORAMENTO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSINEUDSON AUGUSTO II DE VASCONCELLOS SILVA
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal-FMVZ/UNESP / Botucatu/SP


Pesquisadora Dra. LENIRA EL FARO ZADRA
Instituto de Zootecnia / Sertãozinho/SP


Prof. Dr. HENRIQUE NUNES DE OLIVEIRA
Departamento de Zootecnia / FCAV / Unesp - Jaboticabal


Pesquisadora Dra. CLAUDIA CRISTINA PARO DE PAZ
Centro APTA de Bovinos de Corte / IZ - Sertãozinho/SP


Prof. Dr. DANILLO PRADO MUNARI
Departamento de Ciências Exatas / FCAV / Unesp - Jaboticabal

Jaboticabal, 11 de novembro de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Ricardo António da Silva Faria – Filho de Maria da Graça Marques da Silva e António Joaquim Mendes de Faria. Nasceu e 13 de outubro de 1976 em Guimarães – Portugal. Técnico de Gestão Equino (julho/1997), pela Escola Profissional Agrícola de Alter do Chão. Equinicultor (outubro/2013) graduado pela Escola Superior Agrária de Elvas, estágio final (fevereiro a julho/2013) na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Botucatu, com monografia intitulada “Genética quantitativa da raça Puro-sangue Lusitano no Brasil” sob orientação inicial com Prof. Dr. Marcilio Dias Silveira da Mota (*in memoriam*) e final com o Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva. Mestre (fevereiro/2016) em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Jaboticabal, com tema “Estrutura populacional e parâmetros genéticos da característica classe de tempo em corridas de equinos da raça Quarto de Milha”, sob orientação do Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva. Ingressou (março/2016) no programa de Pós-graduação (Doutorado) em Genética e Melhoramento Animal, na Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de Jaboticabal, com tema “Diversidade fenotípica e genética em cavalos de corrida da raça Quarto de Milha”, sob orientação do Prof. Dr. Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva. Durante o tempo do doutorado, publicou 3 artigos como primeiro autor (2 nível A1 e 1 nível A2), 3 como coautor, 11 resumos e 4 expandido como primeiro autor e 14 como coautor, todos com orientação do Prof. Dr. Augusto II. Foi revisor convidado das revistas Plos One, Open Veterinary Journal e Iranian Journal of Applied Animal Science, faz parte do corpo editor da revista Veterinary Science Research.



Início do poema “Tabacaria”

“Não sou nada.

Nunca serei nada.

Não posso querer ser nada.

À parte isso, tenho em mim todos os sonhos do mundo...”



Por Álvaro de Campos, heterônimo de Fernando Pessoa,
publicado na revista Presença, em julho de 1933.

Escrito em 15 de janeiro de 1928.

Dedico

A minha Avó Dona Emília (que me rasga o sorriso)
e a minha querida Mãe D. Graça.

AGRADECIMENTOS

Seguindo a diretriz anterior (agradecimentos do mestrado) e, porque a importância apenas aumentou, o agradecimento inicial vai para o meu Orientado o Prof. Dr. Augusto II. Que duro foi este doutorado, mas nunca nos resignamos, caminhamos juntos e senti sempre o seu apoio (estudo e pessoal), o meu muito obrigado ao Professor Augusto, os meus mais sinceros agradecimentos por estar presente quando precisei. Sempre incentivando e exigindo bastante, não se dando por satisfeito com o normal, que bom que assim foi! Sinto que terei sempre um apoio, porque o caminho a seguir é de cooperação... num futuro perto ou longe! Término o primeiro agradecimento deixando uma analogia “Não era o seu melhor cavalo, mas apostou nele, proporcionou-lhe um ambiente favorável e ele ganhou corridas” Rick. 😊

O meu anjo da guarda é real, a minha querida mãe quero agradecer mais que tudo, sem ela nada disto seria possível, nada mesmo... não porque nasci do seu interior do seu maior desejo... mas, porque me apoio como ninguém, durante todos estes anos que estou longe dos que mais amo. Sempre uma palavra amiga nos milhares de telefonemas que realizamos nestes últimos 7 anos (um por dia às vezes), escrevo estas palavras na véspera de completar 7 anos que parti, como me recordo, “Vai correr tudo bem meu querido...” e assim continua a dizer-me, e todas as vezes que o diz, eu sinto a mesma energia renovada e força para continuar a luta... porque sem lutar... somos apenas mais uns que por aí andam. Obrigado Mãe!

Ao meu Pai (Sr. Faria) e a **minha irmã** (Graciete M.S.F. Oliveira), saudades de Vocês! Já já recuperamos tudo 😊 Até já.

Aos meus sobrinhos e herdeiros (Iago, Francisco e Matias), aos meus manos (irmãos de diferentes pais, porque juntos seria o caos) Rui (Leitinho) e Ricardo (Faísca) e sua família.

Ao puto Lino e família pelo carinho das mensagens que sempre enviou, ao Bertinho e D. Conceição.

A Neivinha a amiga que todos queriam ter e meu grande mano Sérgio (14).

A família Kruckenhauser muitas saudades, até já !

Aos grupos do zApp “Altas patentes” & “Poste da Melinha” por ouvirem todas as minhas alegrias, tristezas e reclamações... eles nunca reclamaram... incentivaram sempre 😊 Abreijos *d*!

Ao maior amigo que tenho no Brasil Walter Ferringier sempre disponível, leve amigos, este o maior!

Ao “colega” Dr. António Vicente 😊, pelo apoio e cooperação desde o primeiro contato, boas energias e excelentes dicas foi transmitindo, Muito obrigado António.

Aos colegas da FCAV e FMVZ da Unesp que tiveram o privilégio e vice-versa, de partilhar ideias, conhecimentos e confraternizar, o meu muito obrigado !!! Não sou uma pessoa fácil, sou frontal e sempre presente quando a hora aperta e precisaram de mim. Os bons caminham sempre juntos, “Não ter medo de ouvir o que não gostamos... faz nos crescer e ser melhores pessoas”, vou uma melhor pessoa. 😊

A todos os funcionários da Unesp (FCAV e FMVZ) vocês são maravilhosos! Muito Obrigado! Os da PG FCAV vão no coração! Adeus Carlão, obrigado por tudo (FMVZ-Unesp).

Agradecimentos especiais as bancas de qualificação (Prof. Dr. Humberto Tonhati, Prof. Dr. Henrique Oliveira, Prof. Dr. Danísio Munari e Prof. Dr. Rogério Curi) e defesa final (Prof. Dr. Henrique Oliveira, Prof. Dr. Danísio Munari, Pesq. Dra. Lenira El Faro e Pesq. Dra. Claudia Paz), pela dedicação e sugestões na melhoria da tese aqui apresentada.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (**CAPES**) - Código de Financiamento 001.

Aos Professores que me acompanharam nesta jornada de 22 anos de estudos até ser um PhD (aquele que tem amor pelo conhecimento), em especial a Profa. Isabel Cristina, Dra. Teresa Casquinho, Dra. Madalena Roquette, Prof. Rui Gaibino (*in memoriam*), ao Meu Tenente Manuel Henrique (um exemplo de vida no mundo dos cavalos) e Meu Capitão Pedro Andrade (o meu primeiro orientador). A Prof. Dra. Rute Santos (fundamental neste percurso de ensino superior), Prof. Dra. Noémia Farinha, Prof. Dr. Luís Conceição e Prof. Dr. Ricardo Braga. Ao Prof. Dr. Marcilio Mota (*in memoriam*), Prof. Dr. Artur Chardulo (um dos responsáveis), Prof. Dr. Henrique Oliveira, Prof. Dr. Mateus Paranhos e muitos outros.

Ao Prof. Guilherme Ferraz e ao grupo LAFEQ pelo carinho que sempre me prestigiaram, continuaremos do outro lado do mar.

Ao BRASIL que me recebeu de braços abertos... quando me perguntam por que vivo aqui... Cada vez que entro nos portões das Unesp`s, sinto-me em outra dimensão, um universo paralelo ao nível de qualquer das melhores universidades do mundo, isso mantém me aqui. Obrigado UNESP és grande !!! Muito grande !!!!!

Finalizando, ao Gordo (Jay Black) o meu mais leal amigo, por ele tudo sem ele nada! Muito Obrigado a todos!!! 😊

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
1. Introdução	1
2. Objetivo.....	2
3. Revisão de Literatura.....	2
3.1. Melhoramento genético de Equinos	2
3.2. No Brasil: O Cavalo e a raça Quarto de Milha.....	3
3.3. Padrão das corridas de velocidade	4
3.4. Intervalo de geração, diversidade genética e principais ancestrais.....	5
3.5. Características de performance em corridas de velocidade	5
3.5.1. Tempo final e velocidade de corrida	6
3.5.2. Rentabilidade monetária	8
3.5.3. Classe de Tempo	9
3.6. Parâmetros genéticos em corridas de velocidade da raça QM	9
3.7. Tendências e valores genéticos	10
4. Referências.....	11
 CAPÍTULO 2 – Análise descritiva das corridas de cavalos da raça Quarto de Milha	 15
1. Introdução	17
2. Material e métodos	18
2.1. Distribuição dos dados	18
2.2. Características.....	18
2.3. Análises estatísticas e Variáveis	21
3. Resultados	22
3.1. Distribuição dos dados	22
3.2. Características.....	26
3.2.1. Alterações fenotípicas das características ao longo do tempo.....	31
4. Discussão	37
4.1. Distribuição dos dados.....	37
4.2. Características e alterações fenotípicas ao longo do tempo	42
5. Conclusão	46
6. Referências.....	46

CAPÍTULO 3 – Análise de pedigree da linhagem de cavalos de corridas da raça Quarto de Milha.....	49
1. Introdução	51
2. Material e Métodos	52
2.1. Animais, (sub)populações, qualidade pedigree e intervalo de gerações..	52
2.2. Diversidade genética	52
3. Resultados	54
3.1. Animais, (sub)populações, qualidade pedigree e intervalo de gerações..	54
3.2. Diversidade genética	55
4. Discussão	59
4.1. Animais, (sub)populações, qualidade pedigree e intervalo de gerações..	59
4.2. Diversidade genética	60
5. Conclusão	63
6. Referências.....	63
 CAPÍTULO 4 – Parâmetros genéticas de corrida de cavalos raça Quarto de Milha .	69
1. Introdução	71
2. Material e Métodos	72
2.1. Descrição dos dados	72
2.2. Descrição das característica e arquivos	72
2.3. Análises.....	74
3. Resultados	77
3.1. Estimativas dos parâmetros genéticos	77
3.2. Estimativas dos valores genéticos e tendências genéticas	79
4. Discussão	82
4.1. Estimativas dos parâmetros genéticos	82
4.2. Estimativas dos valores genéticos e tendências genéticas	85
5. Conclusão	86
6. Referências.....	86

DIVERSIDADE FENOTÍPICA E GENÉTICA EM CAVALOS DE CORRIDA DA RAÇA QUARTO DE MILHA

RESUMO – Os objetivos do estudo foram analisar os resultados de corridas de velocidade de cavalos Quarto de Milha (QM) no Brasil, priorizando discussões do padrão das corridas, diversidade genética, principais ancestrais, parâmetros e tendências genéticas das características derivadas da rentabilidade monetária, tempo final e velocidade. Os dados continham 23.482 registros de corridas de velocidade, pertencentes a 5.861 animais (42,2% machos) e um pedigree total de 11.425 cavalos. Foram avaliadas cinco distâncias 275, 301, 320, 365 e 402 metros (m), apresentaram 1.072, 6.579, 2.726, 5.682 e 7.423 registros, respectivamente. As alterações da diversidade genética dos animais, foram avaliadas por meio de 3 subpopulações em três décadas completas, de 1980 (sP80), 1990 (sP90) e 2000 (sP00), avaliando 84,5% dos dados totais. As características rentabilidade monetária aos dois anos de idade hípica (RM2), melhor tempo final (best time) e classe de tempo nas distâncias 301 e 402 m, (BT301, BT402, CT301 e CT402), foram utilizadas nas estimativas dos parâmetros genéticos. O início da carreira esportiva dos 5.861 cavalos indicou que 29,4% e 27,9% dos animais realizarem a sua 1ª corrida nas distâncias de 301 m e 402 m, respectivamente e, 75,2 % dos animais, iniciaram aos 2 anos de idade hípica. Na principal distância (402 m) os animais machos, não reprodutores, que iniciaram as corridas aos 4 anos foram os mais rápidos e os que mais contribuíram para a evolução fenotípica das características tempo final e velocidade. Os coeficientes de endogamia e parentesco foram baixos, variaram de 0,49% a 1,60% e de 1,12% a 2,56%, respectivamente. Os valores do tamanho efetivo da população (N_e) variaram de 144 a 369 (ΔF_i) e de 41 a 117 (geração). A totalidade da diversidade genética foi explicada por 1.587 ancestrais (fundadores ou não), considerado elevado, mas com somente 50 (sP80) e 9 (sP00) ancestrais é possível explicar 50% da diversidade genética total. A perda de diversidade genética na linhagem de corridas da raça QM no Brasil é evidente e inegável, sendo necessário a implementação de programas de avaliação regulares, precavendo com isso, a continuidade da perda de diversidade genética observada nos animais nascidos no século 21. As estimativas de herdabilidade obtidas nas uni características foram de baixas a moderadas magnitudes e as médias variaram de $0,11 \pm 0,05$ (R2) a $0,35 \pm 0,05$ (CT301). As estimativas das bi características, foram moderadas a altas e, superiores aos valores das uni características, as bi variaram de $0,19 \pm 0,06$ (CT301) a $0,76 \pm 0,02$ (BT402) na interação com RM2. As correlações genéticas aditivas, residuais e fenotípicas, apresentaram valores positivos entre RM2 com CT301 e CT301 e negativas entre o RM2 com BT301. O estudo revelou-se um bom indicador para acompanhar as alterações das características ligadas a rentabilidade monetária, tempo final e velocidade, fornecendo informações da diversidade genética, bem como, modelos animais que podem ser utilizados na avaliação e seleção de reprodutores para os programas de melhoramento animal da linhagem de corridas da raça Quarto de Milha no Brasil.

Palavras-chave: esportes, estatística, hereditariedade, pedigree, velocidade

PHENOTYPIC AND GENETIC DIVERSITY OF THE QUARTER HORSE RACING

ABSTRACT – The aim of the study was to analyze the results of Quarter Horse (QM) speed racing in Brazil, prioritizing discussions of race pattern, genetic diversity, main ancestors, parameters and genetic trends of the characteristics derived from earning, final time and velocity. The data contained 23,482 sprint records, belonging to 5,861 animals (42.2% males) and a total pedigree of 11,425 horses. Five distances 275, 301, 320, 365 and 402 meters (m) were evaluated, with 1,072, 6,579, 2,726, 5,682 and 7,423 records, respectively. Changes in animal genetic diversity were evaluated by 3 subpopulations in three complete decades, from 1980 (sP80), 1990 (sP90) and 2000 (sP00), evaluating 84.5% of the total data. The characteristics monetary profitability at the age of two horse age (RM2), best time and distance class 301 and 402 m (BT301, BT402, CT301 and CT402) were used to estimate genetic parameters. The beginning of the career of the 5,861 horses indicated that 29.4% and 27.9% of the animals performed their first race in the distances of 301 m and 402 m, respectively, and 75.2% of the animals started at 2 years of age. horse riding. At the main distance (402 m), the non-breeding male animals that started the races at 4 years were the fastest and the ones that contributed the most to the phenotypic evolution of the final time and speed characteristics. Inbreeding and kinship coefficients were low, ranging from 0.49% to 1.60% and from 1.12% to 2.56%, respectively. The effective population size (N_e) values ranged from 144 to 369 (ΔF_i) and 41 to 117 (generation). The totality of genetic diversity was explained by 1,587 ancestors (founders or not), considered high, but with only 50 (sP80) and 9 (sP00) ancestors it is possible to explain 50% of the total genetic diversity. The loss of genetic diversity in the QM race lineage in Brazil is evident and undeniable, and regular evaluation programs are necessary to prevent the continuation of the loss of genetic diversity observed in animals born in the 21st century. The heritability traits obtained in the traits were low to moderate in magnitude and the means ranged from 0.11 ± 0.05 (R2) to 0.35 ± 0.05 (CT301). The estimates of the bi-characteristics were moderate to high and, higher than the uni values, the bi-characteristics ranged from 0.19 ± 0.06 (CT301) to 0.76 ± 0.02 (BT402) in the interaction with RM2. The additive genetic, residual and phenotypic correlations showed positive values between RM2 with CT301 and CT301 and negative between RM2 with BT301. The study proved to be a good indicator for tracking changes in traits earnings, best time and speed, providing information on genetic diversity as well as animal models that can be used in breeding evaluation and selection for breeding programs of the Quarter Horse racing line in Brazil.

Keywords: heredity, pedigree, speed, sports, statistics

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. Introdução

Cavalos da raça Quarto de Milha (QM) pertencem a uma das maiores populações de equinos registados no mundo (AQHA 2018) e a terceira no Brasil (IBGE 2018), utilizado em passeio, trabalho com gado, competição de fim de semana e corrida de velocidade, atividades preservadas desde a formação no século 17. Segundo Petersen et al. (2014), o QM apresenta três grupos genéticos (linhagens): *stock horses* (direcionado ao trabalho com gado e provas western), *halter/pleasure horses* (conformação e lazer), e *racing horses* (corridas de velocidade em curtas distâncias).

O grupo genético de corridas tem como principal origem a raça Puro Sangue Inglês (PSI) (Petersen et al., 2014), sendo o principal ancestral no Brasil o cavalo “Three Bars” da raça PSI (Faria et al 2018). O início oficial nos USA das corridas de velocidade do QM foi no ano de 1943 (Tucson, Arizona) e no Brasil, falta informações sobre o início, mas existem registros zootécnicos a partir de 10 de julho de 1978 em Sorocaba, São Paulo.

Estimativas de herdabilidade de desempenho em corridas na raça QM foram descritas na literatura, características como tempo e classificação final (Villela et al 2002) e índice de velocidade (IV) (Corrêa e Mota, 2007) apresentaram valores baixos, sendo concluído pelos autores dificuldades do uso como critérios de seleção.

Outras características foram estudadas, rentabilidade monetária (Silva et al 2014) com possibilidade de uso em programas de melhoramento dado as moderadas estimativas de herdabilidade; a característica registro de mérito A, com os autores (Faria et al 2017) indicando dependência com IV e portanto deveria ser utilizada via índice de seleção e a característica classe de tempo (CT), com resultados promissores (elevada estimativa de herdabilidade e repetibilidade), indicando vantagens em incluir em programas de melhoramento (Faria et al 2019).

Os estudos citados possibilitam aproximação da academia com a Associação Brasileira de criadores de cavalos Quarto de Milha (ABQM) e Jockey Club Sorocaba (JCS), resultando discussão dos resultados das pesquisas e implementação de programas de melhoramento, de forma a iniciar uma era nas corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

2. Objetivo

Os objetivos do estudo foram analisar a estrutura da população do grupo genético de cavalos de corridas da raça Quarto de Milha no Brasil, descrever o fenótipo das características de desempenho em corridas de velocidade e obter estimativas dos parâmetros e tendências genéticas das características rentabilidade monetária aos 2 anos, Melhor tempo (*Best time*) e Classe de tempo nas distâncias de 301 e 402 m.

3. Revisão de Literatura

3.1. Melhoramento genético de Equinos

Segundo Mulliez, (1983), a primeira vez que foi referido o termo melhoramento de equinos foi em 1753 por Georges Louis Leclerc (Conde de Buffon) na enciclopédia francesa intitulada *Histoire naturelle, générale et particulière, avec la description du Cabinet du Roy* (1749-1804). Mota e Regitano (2012), indicaram que as ideias do Conde de Buffon foram revolucionárias, como de utilizar ganhos de outras regiões para alterar as características dos seus animais e descreveram que o registro dos animais pelas Associações de criadores permitiu novos caminhos, como a seleção por pedigree, acasalamentos direcionados e testes de progênes.

Os equinos foram a primeira espécie com *Stud-book*, iniciado no ano de 1791 por *Weatherby and Sons*, na raça de cavalos PSI (ISBC 1976). Os objetivos das associações de criadores estão em determinar os estatutos e padrão de cada raça, acompanhando a evolução genética e a rentabilidade econômica. Entretanto, existem criadores que possuem cavalos como hobby, sem objetivos financeiros e representam somados número grande de animais da população e por apresentarem pouca capacidade de investimento têm dificuldades em adquirir material genético de qualidade e terminam utilizando reprodutores disponíveis na região, obtendo baixo ganho genético.

Desta forma, o melhoramento genético da população somente é realizado por pequeno número de criadores com capacidade financeira, programas de seleção e gestão dos criatórios como empresas. As associações e entidades governamentais deveriam apoiar pequenos criadores, pois são representativos da raça QM.

Relacionado diretamente à corrida de cavalos, a literatura é extensa e apresenta resultados e conclusões divergentes. Os pesquisadores Cunningham (1975), Langlois (1980), Gaffney e Cunningham (1988) e Thiruvankadan et al. (2009a), descrevem falta de evolução dos valores fenotípicos da característica tempo final, demonstrando que o tempo na raça PSI não diminuiu, sugerindo as pequenas alterações aos efeitos de ambiente (melhores pistas, treinamento e nutrição). Thiruvankadan et al. (2009a) sugerem falta de programas de melhoramento, apesar da seleção direcionada para algumas características, e, conseqüentemente, a evolução é reduzida.

No estudo com dados de corridas de velocidade na raça PSI referente ao período de 1850 a 2012, Sharman e Wilson, (2015) contrariam os autores citados, demonstrando a evolução no tempo final, e descrevendo que os estudos limitaram somente aos dados de vencedores de provas de elite em corridas de média e longa distância, e sugerem que os cavalos ainda não atingirão o limite da velocidade.

As corridas de cavalos QM analisados no Brasil (Silva et al 2014; Faria et al 2017; Pereira et al 2018; Marchiori et al 2019; Faria et al 2019) não apresentam a descrição dos dados e resultados comparados ao PSI (Thiruvankadan et al 2009; Bolwell et al 2016a; Tanner et al 2016), e outras raças (Gómez et al., 2010; Thiruvankadan et al., 2009b Physick-Sheard, 1986a, 1986b; Physick-Sheard e Russell, 1986), dificultando maiores discussões.

3.2. No Brasil: O Cavalo e a raça Quarto de Milha

O número de equinos no Brasil em 2017 era de 4.236.062 (IBGE, 2019) , sendo o QM a terceira maior tropa, com 402.000 animais registrados. A ABQM, registrou entre os anos de 2012 a 2016 mais de 130 mil potros e conta com 514.316 animais inscritos.

O movimento financeiro em torno do cavalo no Brasil é elevado, no período de 1996 a 2005 foram R\$ 7,5 bilhões, com aumento nos 10 anos seguintes (2006 e 2015) para R\$ 16,2 bilhões (MAPA 2016). Os valores envolvidos são possíveis pela grandeza e dinâmica das associações, criadores, proprietários e patrocinadores relacionados ao mundo dos cavalos. O principal uso dos equinos é diferente entre os estados brasileiros. Os principais usos do cavalo QM no século 21 é o esporte e

lazer, seguindo o uso no trabalho com gado e, em menor escala, nas corridas de velocidade (esporte), motivado por apostas monetárias, movimentando valores acima das outras modalidades.

Corridas de velocidade da raça QM no Brasil apresenta insuficiente destaque, quer por meio de informação na mídia ou por parte da ABQM, estando a cargo do Jockey Clube de Sorocaba (JCS), a divulgação, dados e organização, ativo desde o ano de 1991, dedica exclusivamente às corridas da raça QM. O JCS é o único hipódromo na América do Sul com dados oficiais, reconhecidos mundialmente, pela American Quarter Horse Association (AQHA) e desde o ano de 2018 faz controle antidrogas e consequentemente tem os tempos finais reconhecidos mundialmente.

A ausência de informações das atividades envolvendo animais QM de corrida não diminuem a importância do setor, ao se averiguar considerando os valores dos prêmios acumulados de 1978 a 2015 se obtêm a cifra de R\$ 98 milhões, demonstrando a importância na equinocultura brasileira. Uma das formas de aumentar as informações é oficializar os hipódromos de outros estados, expandindo o setor e a ABQM apoiando o trabalho realizado pelos responsáveis do JCS.

3.3. Padrão das corridas de velocidade

O padrão e as alterações ao longo do tempo das corridas de cavalos são importantes, podem ser publicadas e utilizados em outros estudos (Buttram et al 1988; Bolwell et al 2016a; Bolwell et al 2016b), além do público não acadêmico de criadores, treinadores, jôquei e outras pessoas em geral.

Na literatura, poucos estudos descrevem o perfil (padrão) das corridas de velocidade do QM no Brasil. As corridas da raça nos EUA, México e Canada foram descritas (Buttram et al 1988) com informações até o ano de 1986. A ausência de estudos apresentando o comportamento dos valores fenotípicos não permite obter conclusões como as relatadas nos estudos das raças PSI (Takahashi 2015; Sharman e Wilson 2015; Tanner et al 2016), Trotadores (Bolwell et al 2016b) e Standardbred (Physick-Sheard, 1986a, 1986b; Physick-Sheard e Russell, 1986).

Bolwell et al. (2016a) descreveram que os dados de corridas são principalmente fornecidos no contexto da interpretação científica, ou seja, focados em parâmetros genéticos e estudos genômicos, de difícil interpretação para o

público desconhecedor. O perfil das corridas de QM no Brasil sofreu alterações ao longo dos tempos, mas existe carência de informações, impossibilitando apresentar ilações.

3.4. Intervalo de geração, diversidade genética e principais ancestrais

Os cavalos apresentam os mais longos intervalos de geração (IG) entre os animais domésticos. Espécies como bovinos (2,5 a 5 anos por Bouquet e Juga, 2013), ovinos (3,6 anos por McManus et al., 2019) e suínos (1,8 anos por Menendez et al., 2016) apresentam menores valores. Quanto menor o IG, menores os ciclos de seleção e maior possibilidade de ganho genético. O IG em populações de cavalos no Brasil (Faria et al., 2018a, 2018b; Medeiros et al., 2014) e outras raças a nível mundial (Yamashita et al 2010; Vicente et al 2012; Posta et al 2014) são similares, em torno de 10 anos, indicando que somente 10 gerações em média foram formadas nos últimos 100 anos. Caminhos para reduzir os IG são de responsabilidade dos criadores, que deveriam selecionar reprodutores mais cedo, com menor permanência em reprodução.

A importância do monitoramento da diversidade genética é citada em estudo na raça Paint-horse (Siderits et al 2013), Brasileiro de Hipismo (Medeiros et al 2014) e Holstein (Roos et al 2015), abordando o delineamento e desenvolvimento de programas de melhoramento. Estudos populacionais do QM com base no pedigree foram apresentados por Faria et al. (2018a) e Tunnell et al. (1983), sem destacar as linhagens conhecidas (Petersen et al., 2014). Neste sentido, existe ausência de informações da diversidade genética da linhagem da corrida do QM no Brasil.

Os ancestrais independentemente se estão vivos e ativos como reprodutores são os representantes da diversidade genética da população, sendo o ideal se contribuíssem de forma equilibrada na população, mas a seleção reduz o número de escolhas provocando afinamentos (gargalos) genéticos como relatado por Faria et al. (2018a), sem preservar a diversidade genética.

3.5. Características de performance em corridas de velocidade

As características de performance (desempenho) em cavalos de corrida são de expressão quantitativa e herança poligênica apresentando influências do

ambiente de moderadas a altas (Mota 2008). Thiruvankadan et al. (2009a) descreveram as características utilizadas como critérios de seleção de cavalos de corrida, e dividiram em três categorias, tempo final (*time*, 1ª categoria), colocação (*handicap*, 2ª categoria) e rentabilidade monetária (*earning*, 3ª categoria), sendo a primeira de menor valor de estimativa de herdabilidade.

De todas as características apresentadas na literatura (Tabela 1), o Índice de Velocidade (IV) é a principal e muitas vezes a única característica utilizada na seleção de reprodutores, além de ser considerada nas apostas em corridas. O IV é atribuído ao animal em cada corrida perante o seu tempo final, permitindo comparar desempenhos dos animais em diferentes ambientes como país, hipódromo, distâncias e clima. Entretanto, Corrêa e Mota (2007) descreve dificuldade na avaliação, pois não permite correta observação do desempenho. A comparação das pontuações de animais de grupos contemporâneos diferentes, avalia de forma incorreta o desempenho em corridas.

Tabela 1. Característica observadas na literatura para avaliação da performance em corridas de velocidade com cavalos Quarto de Milha

Características	Categorias	Autores
Tempo final	1ª	Corrêa e Mota. (2007)
Índice de velocidade	1ª	
Tempo final	1ª	Villela et al. (2002)
Classificação final	2ª	
Classe de tempo	1ª	Faria et al. (2019)
Registro de mérito A	2ª	Faria et al. (2017)
Rentabilidade monetária	3ª	Silva et al. (2014)
Rentabilidade monetária anual	3ª	
log10 de Rentabilidade monetária	3ª	
Lucro por partida	3ª	
log10 de Lucro	3ª	

1ª, categorias com base no tempo final; 2ª, categoria com base nas colocações; 3ª, categoria com base no dinheiro ganho.

3.5.1. Tempo final e velocidade de corrida

O principal fenótipo das corridas de velocidade é o tempo final (em segundos), descreve o tempo necessário para se correr determinada distância, sendo característica direta do desempenho dos cavalos. Outras características são consequência do tempo final (Moritsu et al 1994; Oki et al 1994), como melhor tempo, tempo médio, classe de tempo, entre outras. Nas corridas do QM é

registrado automaticamente o tempo final de todos os animais, a partir do ano de 1981. Na raça PSI, somente o animal vencedor tem registrado em segundos o tempo final, os demais se determina pela diferença corporal na linha de chegada. O registro de todos os cavalos torna a avaliação robusta em números, além de possibilitar o surgimento de outras características (melhor velocidade, classe de tempo, melhor tempo e tempo médio).

A evolução da característica tempo final médio e velocidade média são questionadas pelos autores (Gaffney e Cunningham, 1988; Langlois, 1980; Thiruvankadan et al., 2009a), sugerindo dependência das condições de treinamento, pistas e nutrição. Thiruvankadan et al. (2009a) descrevem falta de ganho genético na característica tempo final em cavalos de corridas PSI, apesar das pesquisas indicarem variação genética indicativa de possibilidade de evolução. O estudo de Sharman e Wilson (2015), sugere o contrário, descrevendo possibilidade de obter melhor tempo final, que os animais ainda não atingiram seus limites, recomendando analisar maior número de dados para correta avaliação.

A pergunta, “Será que a velocidade dos cavalos de corridas estagnou?”, vem sendo descrita e discutida em cavalos PSI (Cunningham, 1975; Langlois, 1980; Sharman and Wilson, 2015; Thiruvankadan et al., 2009a). Esta questão aplicada aos animais QM, demonstra que mais estudos são necessários, com aplicação de novos métodos de avaliação e maior quantidade de dados (Sharman e Wilson, 2015), de forma a possibilitar compreender se a velocidade estagnou, ou se os programas de melhoramento estão selecionando os melhores reprodutores.

O recorde mundial e do Brasil para a característica tempo final (segundos) e velocidade média (km/h) são apresentados na Tabela 2 (AQHA 2017; JCS 2019), demonstrando as diferenças. Na distância 402 m, considerada a principal distância do QM, o recorde e dos Estados Unidos da América, entretanto se verifica pequena diferença dos animais do Brasil. Ponto a ser considerado, que os recordes brasileiros somente incluem dados a partir do ano hípico de 2018, pois os tempos somente são reconhecidos pela AQHA e Federação Equestre Internacional (FEI) com exame de controle antidrogas, portanto recordes anteriores brasileiros não foram descritos.

Tabela 2. Recordes do tempo final oficial e velocidade em curtas distâncias nas corridas da raça Quarto de Milha no Mundo e Brasil

Recordes*	Distâncias**				
	275 m	301 m	320 m	365 m	402 m
Mundo					
Tempo final (segundos)	14,594	15,859	16,642	18,613	20,274
Velocidade (km/h)	67,84	68,33	69,22	70,60	71,38
Ano hípico	-	2011	2010	2010	2009
Brasil					
Tempo final (segundos)	15,119	16,189	17,21	19,261	20,932
Velocidade (km/h)	65,48	66,93	66,94	68,22	69,14
Ano hípico	2018	2018	2018	2018	2018
Brasil ≠ Mundo					
Tempo final (segundos)	+0,525	+0,330	+0,568	+0,648	+0,658
Velocidade (km/h)	-2,36	-1,40	-2,28	-2,38	-2,24

*, Valores obtidos em 2018; **, distâncias que vêm sendo realizadas no Brasil desde 2010.

O Brasil possui os exames antidrogas em suas competições e tem estímulo extra quanto a ultrapassar o tempo das competições, e possui qualidade de animais para ultrapassar os recordes mundiais, embora se saiba das condições de manejo, treinamento e hipódromos superiores nos EUA (país detentor dos recordes). O hipódromo do JCS, necessita apoio e renovação constante da pista, fornecendo qualidade e menor atrito, conseqüentemente maior capacidade de apresentar o potencial genético e esportivo dos cavalos QM.

3.5.2. Rentabilidade monetária

O estudo da característica rentabilidade monetária em equinos (valor monetário que o proprietário recebe perante a classificação do seu cavalo), surge por meio de Estes (1948), depois foi denominado índice de ganhos médios (Average Earning Index), e alterado por Clarke (1977) denominando índice padrão de partidas (Standard Starts Index). Langlois (1980), apresentou artigo de revisão sobre rentabilidade monetária, e definiu como uma característica de desempenho em corridas, equiparada as demais características.

Na raça QM, somente o estudo de Silva et al. (2014) foi realizado, apresentando parâmetros genéticos da rentabilidade monetária (RM) em diferentes idades, concluindo possibilidade de ganho genético na utilização da RM como

critério de seleção. Entretanto, existe ausência de estudos com RM em conjunto com as demais características de corridas.

3.5.3. Classe de Tempo

A característica Classe de Tempo (CT) foi descrita pela primeira vez no QM por Faria et al. (2019), sendo definida em cinco classes com base nos tempos finais (em segundos) de cada animal em cada páreo em diferentes distâncias. As classes foram atribuídas dentro de cada páreo com base na diferença percentual do tempo do vencedor e os demais classificados. A classe 5 inclui animais com tempo final de 0,10% ou menos em relação ao tempo final do vencedor, incluindo o vencedor. As classes 4, 3, 2 e 1 incluem animais com tempo final de 0,11% a 1,0%, 1,01% a 3,0%, 3,01% a 5,0% e $> 5,0\%$ em relação ao tempo final do vencedor, respectivamente.

3.6. Parâmetros genéticos para característica de desempenho em corridas de velocidade da raça QM

Os parâmetros genéticos são determinados pela estimação dos componentes de (co)variâncias das características. A estimativa de herdabilidade (h^2) expressa a proporção de variância total referente ao efeito médio dos genes, ou grau de correspondência entre os valores genéticos e fenotípicos (Falconer e Mackay 1996). As mensurações repetidas nos equinos são de fácil obtenção (Mota e Regitano, 2012) e permitem obter resultados importantes para proceder o descarte dos animais. As correlações genéticas expressão o grau de relação das características, podendo ser positiva ou negativa, auxiliando na escolha das características a serem utilizadas como critério de seleção.

Nos estudos de corridas de QM no Brasil foram avaliadas as estimativas dos parâmetros genéticos para diferentes características em distintos modelos estatísticos (Tabela 3). As características tempo e classificação final (Villela et al 2002) e tempo final e índice de velocidade (Corrêa e Mota, 2007) forneceram estimativas com modelo animal bi característica, com inclusão dos efeitos aleatórios genético aditivo e ambiental permanente e os efeitos fixos de sexo, idade e corrida.

Tabela 3. Estudos para diferentes características da performance em corridas de velocidade da raça Quarto de Milha no Brasil

Características	Modelo	Efeitos aleatórios	Efeitos fixos	Programa	Referência
Tempo final; Classificação final.	REML Uni-característica para modelo animal.	Animal; Ambiente permanente; Páreo.	Sexo; Idade; Origem.	MTDFREML (Boldman et al., 1993)	Villela et al., (2002)
Tempo final; Índice de velocidade.	Multi-características com amostragem de Gibbs para modelo animal.	Genético aditivo; Ambiente permanente.	Sexo; Idade; Páreo.	MTGSAM (Van Tassel e Van Vleck, 1995)	Corrêa e Mota, (2007)
Rentabilidade monetária.	Inferência bayesiana Multi-características sob modelo animal	Efeito materno	Animal; Sexo; Ano da Corrida.	GIBBS2F90 e POSTGIBBSF90 (Misztal, 2002)	Silva et al., (2014)
Classe de tempo.	Inferência bayesiana Multi-característica considerado modelo animal de limiar.	Genético aditivo; Ambiente permanente; Residual.	Sexo; Idade; Páreo.	THRGIBBS1F90 e POSTGIBBSF90 (Misztal et al., 2015)	Faria et al., (2019)

A característica rentabilidade monetária (Silva *et al.*, 2014), forneceu estimativas com modelo multicaracterísticas por meio de amostragem de Gibbs e, incluíram os efeitos fixos de sexo, ano de corrida e animal, e inclusão do efeito materno. Faria *et al.* (2019) com dados de 1981 a 2011, estimaram os parâmetros genéticos de Classe de tempo por inferência bayesiana em análise multicaracterísticas utilizando modelo animal de limiar, incluindo os efeitos fixos de corrida, sexo e classe de idade do animal, além dos efeitos genético aditivo e ambiente permanente.

3.7. Valores e tendências genéticos

A importância de acompanhar o desenvolvimento e o desempenho dos programas de melhoramento é permitir aos técnicos e criadores, alterar ou manter os procedimentos de seleção perante os resultados. Uma das formas de monitoramento é avaliar o progresso genético ao longo do tempo, por meio das tendências genéticas obtidas por regressão dos valores genéticos (VG) pelo ano de nascimento dos animais. Os VG indicam o mérito de determinado animal para determinada característica.

Estudos da tendência genética da corrida do QM no Brasil (Corrêa e Mota 2007; Silva et al 2014; Faria et al 2019) apresentaram oscilações ao longo dos períodos avaliados, resultando em pequenos ganhos genéticos. Os resultados

indicaram ainda inconsistência dos criatórios em manter evolução genética desejável e estável, possivelmente por falta de avaliações corretas dos reprodutores e ausência de adequados programas de melhoramento. A avaliação do grupo genético (linhagem) de animais de corridas do QM no Brasil gerara informações importantes aos programas de seleção na indicação dos reprodutores.

4. Referências

- AQHA (2018) **The History of the American Quarter Horse Breed**. <https://www.aqha.com/pt/history-of-the-quarter-horse>. Acesso em: 13 out. 2018
- AQHA (2017) **World Records for a Quarter horse. American Quarter Horse**. <https://www.aqha.com/media/22294/world-records.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2017
- Bolwell CF, Rogers CW, Gee EK, Rosanowski SM (2016a) Descriptive statistics and the pattern of horse racing in New Zealand. 1. Thoroughbred racing. **Animal Production Science** 56:77. DOI: 10.1071/AN13442
- Bolwell CF, Rogers CW, Gee EK, Rosanowski SM (2016b) Descriptive statistics and the pattern of horse racing in New Zealand. 2. Harness racing. **Animal Production Science** 56:82. DOI: 10.1071/AN13443
- Bouquet A, Juga J (2013) Integrating genomic selection into dairy cattle breeding programmes: A review. **Animal**. DOI: 10.1017/S1751731112002248
- Buttram ST, Willham RL, Wilson DE, Heird JC (1988) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: I. Description of the Data. **Journal of Animal Science** 66:2791. DOI: 10.2527/jas1988.66112791x
- Clarke S (1977) Standard starts index. **Blood Horse**, p. 103.
- Corrêa MJM, Mota MDS (2007) Genetic evaluation of performance traits in Brazilian Quarter Horse. **Journal of applied genetics** 48:145–151. DOI: 10.1007/BF03194672
- Cunningham E (1975) Genetic studies in horse populations. Proc Int Symp on Genetics and Horse Breeding. **Anais Royal Dublin Society**, Dublin, 17-18 September, p 2–6
- Estes A (1948) Statistics on prominent sires, adjusted for changing dollar. **Blood Horse**, p. 52.
- Falconer DS, Mackay TFC (1996) **Introduction to Quantitative Genetics** (Fourth Edition).
- Faria RAS, Maiorano AM, Bernardes PA, Pereira GL, Silva MGB, Curi RA, Silva, JAIIV (2018) (2018) Assessment of pedigree information in the Quarter Horse: Population, breeding and genetic diversity. **Livestock Science** 214:135–141. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.06.001

Faria RAS, Maiorano AM, Correia LECS, Santana Jr MS, Silva, JAIIV (2019) Time class for racing performance of the Quarter Horse: Genetic parameters and trends using Bayesian and multivariate threshold models. **Livestock Science** 225:116–122. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.05.013

Faria RAS, Ospina AMT, Silva BPM da, et al (2017) Estimativas de herdabilidade e repetibilidade para Registro de Mérito “A” em corridas de cavalos da raça Quarto de Milha no Brasil. In: SIMPOSIO BRASILEIRO MELHORAMENTO ANIMAL, **Resumos SBMA** Ribeirão Preto: XII SBMA.

Gaffney B, Cunningham EP (1988) Estimation of genetic trend in racing performance of thoroughbred horses. **Nature** 332:722–724. DOI: 10.1038/332722a0

IBGE (2018) **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. <https://ww2.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 19 dez. 2018

ISBC (1976) **The International Stud Book Committee**. <http://www.internationalstudbook.com/>. Acesso em: 29 nov. 2018

JCS (2019) **Results Jockey Club Sorocaba**. <http://www.jcsorocaba.com.br/resultados/>. Acesso em: 14 abr. 2019

Langlois B (1980) Heritability of racing ability in thoroughbreds -- A review. **Livestock Production Science** 7:591–605.

MAPA (2016) **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento p. 54.

Marchiori CM, Pereira GL, Maiorano AM, Rogatto GM, Assoni AD, Silva, JAIIV, Chardulo LAL, Curi, RA (2019) Linkage disequilibrium and population structure characterization in the cutting and racing lines of Quarter Horses bred in Brazil. **Livestock Science** 219:45–51. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.11.013

McManus C, Facó O, Shiotsuki L, et al (2019) Pedigree analysis of Brazilian Morada Nova hair sheep. **Small Ruminant Research** 170:37–42. DOI: 10.1016/j.smallrumres.2018.11.012

Medeiros BR, Bertoli CD, Garbade P, McManus CM (2014) Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed. **Italian Journal of Animal Science** 13:657–664. DOI: 10.4081/ijas.2014.3146

Menendez J, Alvarez I, Fernandez I, Goyache F (2016) Genealogical analysis of the Gochu Asturcelta pig breed: Insights for conservation. **Czech Journal of Animal Science**. DOI: 10.17221/8787-CJAS

Moritsu Y, Ichikawa S, Funakoshi H (1994) Genetic Evaluation of Sires and Environmental Factors Influencing Best Racing Times of Thoroughbred Horses in Japan. **Journal of equine science**. DOI: 10.1294/jes.5.53

Mota MDS, Regitano LCA (2012) **Some Peculiarities of Horse Breeding**. DOI:10.5772/50519

Mota MDS (2008) Considerações acerca das características dos animais domésticos. **PUBVET**, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. 2:Art.226.

Mulliez J (1983) **Les chevaux du royaume**, Montalba.

Oki H, Sasaki Y, Willham RL (1994) Genetics of racing performance in the Japanese Thoroughbred horse: **Journal of Animal Breeding and Genetics** 111:128–137. DOI: 10.1111/j.1439-0388.1994.tb00446.x

Pereira GL, Chardulo LA, Silva JAIIV, Faria R, Curi, RA (2018) Genomic regions associated with performance in racing line of Quarter Horses. **Livestock Science** 211:42–51. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.02.015

Petersen JL, Mickelson JR, Cleary KD, McCue ME (2014) The american quarter horse: Population structure and relationship to the thoroughbred. **Journal of Heredity** 105:148–162. DOI: 10.1093/jhered/est079

Physick-Sheard PW (1986a) Career profile of the Canadian Standardbred. I. Influence of age, gait and sex upon chances of racing. **Canadian journal of veterinary research** 55:449–456.

Physick-Sheard PW (1986b) Career profile of the Canadian Standardbred. II. Influence of age, gait and sex upon number of races, money won and race times. **Canadian journal of veterinary research** 55:457-470

Physick-Sheard PW, Russell M (1986) Career profile of the Canadian Standardbred. III. Influence of temporary absence from racing and season. **Canadian journal of veterinary research** 55:471–478.

Posta J, Mezei A, Mihók S, Mészáros G (2014) Evaluation of the length of competitive life in Hungarian sport horses. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 131:529–535. DOI: 10.1111/jbg.12108

Roos L, Hinrichs D, Nissen T, Krieter J (2015) Investigations into genetic variability in Holstein horse breed using pedigree data. **Livestock Science** 177:25–32. DOI: 10.1016/j.livsci.2015.04.013

Sharman P, Wilson AJ (2015) Racehorses are getting faster. **Biology Letters** 11:20150310. DOI: 10.1098/rsbl.2015.0310

Siderits M, Baumung R, Fuerst-Waltl B (2013) Pedigree analysis in the German Paint Horse: Genetic variability and the influence of pedigree quality. **Livestock Science** 151:152–157. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.10.018

Silva APA, Curi RA, Langlois B, Silva JA V (2014) Genetic parameters for earnings in quarter horse. **Genetics and Molecular Research** 13:5840–5848. DOI: 10.4238/2014.August.1.2

Takahashi T (2015) The effect of age on the racing speed of Thoroughbred racehorses. **Journal of Equine Science** 26:43–48. DOI: 10.1294/jes.26.43

Tanner J, Rogers C, Bolwell C, Cogger N, Gee E, McIlwraith W (2016) Analysis of Failure to Finish a Race in a Cohort of Thoroughbred Racehorses in New Zealand. **Animals** 6:36. DOI: 10.3390/ani6060036

Thiruvenkadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S (2009) Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. **Livestock Science** 121:308–326. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.07.009

Tunnell JA, Sanders JO, Williams JD, Potter GD (1983) Pedigree analysis of four decades of Quarter Horse breeding. **Journal of animal science** 57:585–593.

Vicente AA, Carolino N, Gama LT (2012) Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. **Livestock Science** 148:16–25. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.05.002

Villela LCV, Mota MDS, Oliveira HN (2002) Genetic parameters of racing performance traits of Quarter horses in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 119:229–234. DOI: 10.1046/j.1439-0388.2002.00338.x

Yamashita J, Oki H, Hasegawa T, Honda T, Nomura T (2010) Demographic Analysis of Breeding Structure in Japanese Thoroughbred Population. **Journal of Equine Science** 21:11–16. DOI: 10.1294/jes.21.11

CAPÍTULO 2 – Análise descritiva das corridas de cavalos da raça Quarto de Milha

Resumo – O objetivo do estudo foi descrever por meio de estatísticas descritivas, o padrão das corridas de velocidade com cavalos da raça Quarto de Milha (QM) no Brasil. As primeiras corridas foram realizadas em julho de 1978 e avaliadas até junho de 2016, considerando 38 anos hípicas completos (1978 a 2015). Os dados de 5.108 páreos apresentaram 23.452 registros de corridas, foram fornecidos pelo Jockey Clube de Sorocaba e pertenciam a 5.861 animais. As distâncias avaliadas foram com 275, 301, 320, 365 e 402 metros (m), nas características Tempo final (TF) e *Best time* (BT) em segundos, Melhor velocidade média (MV) em km/h, e na totalidade as características Rentabilidade Monetária (RM) em dólares americanos (\$US), Longevidade esportiva (LE) e Intervalo entre corridas (IC) em meses. As variáveis analisadas para indicar os níveis de significância ($p < 0,05$) entre os grupos foram, sexo, reprodutoras, classes de idade hípica e ano hípico de nascimento. Os níveis de significância observadas nas variáveis sexo e reprodutores, foram idênticos nas características TF, BT e MV, sugerindo que avaliar estatisticamente uma das características é idêntico avaliar as demais duas características. As classes de idade hípica apresentaram diferentes níveis de significância, indicando que cada característica pode fornecer informações diferentes perante as distintas idades hípicas. As diferenças significativas entre sexos nas quatro distâncias mais longas, indicaram que os machos foram significativamente ($p < 0,05$) mais rápidos que as fêmeas. Os machos não reprodutores foram significativamente mais rápidos (TF, BT e MV) que os garanhões nas quatro distâncias mais curtas. Indicando que os machos mais rápidos não estão sendo selecionados para reprodutores. Na característica RM os anos de 1988, 1989 e 1987, forneceram em média os maiores prêmios monetários a cada animal com U\$ 48.705,6, 30.921,9 e 30.773,8 respectivamente. Na característica RM somente foram observadas diferenças significativas nos reprodutores, recebendo os maiores prêmios. Os valores da característica LE, indicam reduzido tempo entre a primeira e última corrida, os animais ficam menos de um ano em competição. O IC é contrastante com o intervalo de duas semanas entre as provas classificatórias e as finais, devendo ser revisto. Os melhores valores médios surgiram recentemente (2014 e 2015), mas os últimos 10 anos indicaram estabilidade dos valores fenotípicos das populações, indicando possível estagnação dos tempos finais médios e velocidade na população. As estatísticas descritivas apresentadas auxiliaram na avaliação da performance dos cavalos de corridas, fornecendo informações precisas aos criadores, proprietários e treinadores, possibilitando direcionar os programas de seleção e treinamento dos cavalos de corridas da raça QM no Brasil.

Palavras-chave: equinos, estatística, padrão, performance e velocidade

Descriptive analysis of Quarter Horse racing

Abstract – The aim of the study was to describe, through descriptive statistics, the pattern of speed racing with Quarter Horse (QM) horses in Brazil. The first racings were in July 1978 and evaluated until June 2016, considering 38 complete equestrian years (1978-2015). The data from 5,108 riders presented 23,452 race records, were provided by the Sorocaba Jockey Club and belonged to 5,861 animals. The distances evaluated were 275, 301, 320, 365 and 402 meters (m), in the traits Final Time (TF) and Best Time (BT) in seconds, Best Average Speed (MV) in km/h, and Earning (RM) in US Dollars (\$ US), Sport Longevity (LE) and Racing Interval (CI) in months. The variables analyzed to indicate the significance levels ($p < 0.05$) between the groups were, sex, breeders, equestrian age classes and equestrian year of birth. The significance levels observed in the sex and reproductive variables were identical in the characteristics TF, BT and MV, suggesting that statistically evaluating one of the characteristics is identical to evaluating the other two characteristics. The equestrian age classes presented different levels of significance, indicating that each trait can provide different information regarding the different equestrian ages. Significant differences between sex at the four longest distances indicated that males were significantly ($p < 0.05$) faster than females. Non-breeding male were significantly faster (TF, BT and MV) than stallions at the four shortest distances. Indicating that faster male is not being selected for breeders. In the characteristic RM the years 1988, 1989 and 1987, provided on average the highest monetary prices for each animal with \$ 48,705.6, 30,921.9 and 30,773.8 respectively. In the RM characteristic only, significant differences were observed in the breeders, receiving the highest prizes. The values of the LE characteristic indicate reduced time between the first and last race, the animals are less than a year in competition. The CI is in contrast to the two-week interval between qualifying and finals and should be reviewed. The best average values emerged recently (2014 and 2015), but the last 10 years indicated stability of the phenotypic values of the populations, indicating possible stagnation of the average final times and population velocity. The descriptive statistics presented aided in the evaluation of racehorse performance, providing accurate information to breeders, owners and trainers, making it possible to direct QM racehorse selection and training programs in Brazil.

Keyword: equine, performance, statistics, standard and speed.

1. Introdução

A origem da raça de cavalos Quarto de Milha (QM) é longínqua, o seu início foi no atual território dos EUA durante o século 17. A versatilidade dos animais QM foi investigada em estudo com dados genômicos (Petersen et al 2014), e seis grupos distintos foram descritos, *halter*, *western pleasure*, *reining*, *working one cow*, *cutting* e *racing short distances*, e, determinaram três distintas linhagens foram determinadas: *stock horses*, direcionado para o trabalho e provas com gado; *halter and pleasure horses*, para conformação e lazer; e *racing horses*, corridas de velocidade em curtas distâncias. Os animais da linhagem de corridas de velocidade da raça QM, são os equinos mais velozes do mundo em curtas distâncias (Nielsen et al 2006), proporcionado pelo contínuo uso da raça Puro Sangue Inglês (PSI), como fundadora na sua formação e padronizadora dos cavalos atletas da raça QM (Petersen et al 2014; Faria et al 2018).

O segundo país em número de registros da raça QM é o Brasil, com mais de meio milhão de cavalos inscritos na Associação Brasileira de criadores de cavalos da raça Quarto Milha (ABQM), fundada no ano de 1969 (ABQM 2019). Na América do Sul, a principal pista de corridas em curtas distâncias para cavalos da raça QM, é o hipódromo do Jockey Clube de Sorocaba (JCS) no estado de São Paulo, Brasil. O JCS está em funcionamento desde o ano de 1990, é o único ativo no estado de São Paulo após o ano de 2009 e nele, foram obtidos os recordes oficiais dos melhores tempos finais em corridas de velocidade para a América do Sul.

As informações por meio das estatísticas descritivas da performance em corridas de velocidade, permitem melhorar as predições dos programas de seleção e melhoramento genético, e apoiar futuros estudos de uma das mais populosas raças de equinos no mundo. Na literatura, resultados das estatísticas descritivas sobre as corridas e os animais da raça QM, somente foram descritas para o continente Norte americano (Buttram et al., 1988). O estudo foi apresentado como suporte e aperfeiçoamento dos resultados genéticos da característica tempo final. Os autores (Buttram et al., 1988), sugeriram que é essencial apresentar estudo descritivo e investigar os efeitos do sexo, idade a corrida, entre outras variáveis, para incrementar fatores e ajustes dos dados para aplicação e utilização na

discussão dos resultados das estimativas dos parâmetros genéticos. Isso possibilita também observar os resultados dentro da população ao longo do tempo.

Análises descritivas e evolução da performance dos cavalos em corridas de velocidade foram disponibilizados para outras raças como o PSI (Bolwell et al 2016a; Tanner et al 2016), Trotadores (Bolwell et al 2016b) e Standardbred (Physick-Sheard 1986a; Physick-Sheard 1986b; Physick-Sheard e Russell 1986). O estabelecimento do progresso da velocidade em corrida de cavalos pode ser verificado na resposta de seleção com base na avaliação genética, mas análises estatísticas são necessárias previamente, permitindo observar as diferenças entre variáveis a incluir na seleção (Sharman e Wilson 2015).

O objetivo do estudo foi descrever o padrão das corridas de velocidade da raça QM no Brasil, com intuito de auxiliar o delineamento de futuros programas de seleção e melhoramento genético.

2. Material e métodos

2.1. Distribuição dos dados

Os registros das corridas de velocidade da raça QM no Brasil foram fornecidos pelo Jockey Club de Sorocaba (JCS), compreendendo informações de 23.482 registros (Tabela 1), pertencentes a 5.861 animais (42,2% machos). Foram observados 5.138 páreos (corridas) realizadas entre julho de 1978 a junho de 2016, em cinco hipódromos (Avaré, Jahu, Ribeirão Preto, São Paulo e Sorocaba), com pistas em linha reta, sem inclinação e piso de terra macia, no estado de São Paulo, Brasil. Os registros continham cinco diferentes distâncias, sendo 275, 301, 320, 365 e 402 metros (m) (Tabela 1).

2.2. Características

Tempo Final, *Best Time* e Melhor Velocidade média

O Tempo final (TF) em segundos (s), é a mensuração mais utilizada, nas corridas de cavalos de velocidade, é a característica que, direta ou indiretamente, determina as demais características. Na avaliação da característica TF, foram utilizados os 23.482 registros divididos pelas respectivas distâncias (Tabela 1).

Tabela 1. Distribuição por distâncias da totalidade dos registros, animais e primeira corrida pelas variáveis sexo, reprodutores e idade hípica em cavalos de corridas de velocidade da raça QM no Brasil

Itens	Distância (metros)					Total
	275	301	320	365	402	
Número de hipódromos	3	5	5	5	5	5
Número de registros	1.072	6.579	2.726	5.682	7.423	23.482
• Machos	472	2.909	1.078	2.481	3.415	10.355
• Fêmeas	600	3.670	1.648	3.201	4.008	13.127
• 2 anos hípicas	481	2.263	1.235	2.228	3.493	9.700
• 3 anos hípicas	488	3.163	1.146	2.559	3.143	10.499
• 4 anos hípicas	103	1.153	345	895	787	3.283
Número de animais	782	3.365	1.941	3.210	3.318	5.861
• Machos	349	1.436	769	1.354	1.438	2.474
• Fêmeas	433	1.919	1.172	1.856	1.880	3.387
• 2 anos hípicas	323	1.089	877	1.264	1.474	2.690
• 3 anos hípicas	381	1.794	833	1.498	1.514	2.627
• 4 anos hípicas	78	482	231	448	330	544
Número de animais na 1ª corrida	335	1.723	741	1.427	1.635	5.861
• Machos	137	761	272	610	694	2.474
• Fêmeas	198	962	469	817	941	3.387
• 2 anos hípicas	258	1.279	539	1.114	1.200	4.390
• 3 anos hípicas	64	383	173	260	379	1.259
• 4 anos hípicas	13	61	29	53	56	212
Número de registros reprodutores	157	1.444	665	1.668	2.275	6.206
• Garanhões	25	267	119	313	503	1.227
• Matrizes	132	1.177	546	1.355	1.772	4.979
Número de reprodutores	104	630	444	798	823	1.118
• Garanhões	16	92	66	127	132	154
• Matrizes	88	538	378	671	691	964
Número de reprodutores na 1ª corrida	25	221	145	313	414	1.118
• Garanhões	2	17	22	48	65	154
• Matrizes	23	204	123	265	349	964
Número de páreos	251	1.509	579	1.270	1.529	5.138
Número de jockeys	136	296	253	343	379	527
Número de treinadores	96	216	197	239	280	359
Número de criadores	131	409	355	429	450	663

O melhor fenótipo da característica TF é denominado *best time* (BT) e, definido como o TF mais rápido de todas as corridas de um cavalo em diferentes distâncias, podendo ser utilizado como critério de seleção (Hintz 1980). Na avaliação da característica BT, foram utilizadas 12.616 medidas únicas distribuídas pelas cinco distâncias em 6,2% (275 m), 26,7% (301 m), 15,4% (320 m), 25,4% (365 m) e 26,3% (402 m).

A velocidade média em quilômetros por hora (km/h) de cada registro, é obtida pelo valor da característica TF, indicando somente a velocidade relativa do cavalo nessa corrida (Hintz 1980). Então, para avaliar a velocidade na população, foi utilizada a característica melhor velocidade média (MV) do animal por distância. A característica MV indica a maior velocidade média atingida pelo animal, considerando todas as suas corridas, indicando o nível do cavalo em relação aos outros animais durante o mesmo momento (Saastamoinen e Ojala 1991), e no presente estudo dentro da mesma distância. Os valores da característica MV resultam da característica BT, e foram obtidos pelo cálculo:

$$[(\text{distância} / \text{best time}) * 3,6]$$

fornecendo a variação de espaço (distância em metros) por variação de tempo em km/h. Na avaliação da característica da MV, foi utilizada a mesma base de dados da característica BT (12.616 registros de medidas únicas).

Rentabilidade monetária

A característica rentabilidade monetária (RM) é considerada um indicador de performance de corridas de velocidade, equiparado as demais características (Langlois 1980). A característica RM fornece os valores das premiações totais de cada animal, durante um ano hípico ou longevidade esportiva (Estes 1948; Clarke 1977; Silva et al 2014). Os valores da característica RM foram apresentados na moeda internacional dólar americano (US\$ ou \$), mas, inicialmente os prêmios em dinheiro foram obtidos em diferentes moedas brasileiras: Cruzeiro (Cr\$ 1970 a 1986), Cruzados (Cz\$ 1986 a 1989), Cruzado Novo (NCZ\$ 1989 e 1990), Cruzeiro (Cr\$ 1990 a 1993), Cruzeiro Real (CR\$ 1993 a 1994) e Real (R\$ desde de 1994). Assim sendo, os valores dos prêmios devem sofrer uma correção monetária, perante a inflação decorrente ao ano e mês de cada corrida, e com isto realizar uma atualização monetária dos prêmios (MAPA 2016).

A Fundação Getúlio Vargas (FGV) nos anos de 1940, criou o Índice Geral de Preço (IGP) pela Disponibilidade Interna (DI). O IGP-DI/FGV é um deflator do índice de evolução dos negócios no Brasil, é uma medida abrangente do movimento dos preços, indicando o comportamento em geral da economia brasileira (FGV 2019). O IGP-DI/FGV foi utilizado para realizar a correção monetária dos prêmios. Depois foi realizada nova transformação dos valores obtidos na correção monetária para a

moeda US\$ (Silva et al 2014). Os valores dos IGP-DI/FGV e moeda US\$ utilizados no presente estudo, foram obtidos em junho de 2019, são calculados mensalmente pela FGV e Banco Central do Brasil, respectivamente, permitindo uma comparação de valores atualizados.

Os registros utilizados na avaliação da característica RM, foram selecionados com o pressuposto de que pelo menos um prêmio monetário foi atribuído em cada páreo e 51,5% dos páreos atribuíram prêmios monetários, podendo assim, assegurar que todos os cavalos avaliados tiveram a oportunidade de receber pelo menos um prêmio monetário (Tolley et al 1985). Assim sendo, a base de dados para avaliação da característica RM como medida única por animal, apresentou 3.150 animais que receberam pelo menos um prêmio monetário.

Longevidade esportiva e intervalo entre corridas

Um indicador esclarecedor da longevidade em corridas de cavalo são os anos (ou meses) que o animal permaneceu correndo, porque enquanto o cavalo estiver saudável vai competir (Bokor et al 2013). A duração do tempo de vida (meses) de um cavalo em competição é obtida pela diferença da primeira corrida e a última corrida do animal, e denominada longevidade esportiva (LE).

O intervalo médio entre as competições (IC) foi obtido pela razão entre a LE e o número de corridas (registros). Isso permite observar o tempo que um cavalo teve em média de permanecer em recuperação fisiológica e novos treinamentos, para voltar a competir.

2.3. Análises estatísticas e Variáveis

Os registros das corridas de velocidade da raça QM nas características TF, BT e MV foram avaliados, separadamente, pelas diferentes distâncias, como distintas populações e, as características RM, LE e IC foram avaliadas na totalidade. As variáveis analisadas para indicar os níveis de significância entre os seus grupos foram: sexo (2.474 machos e 3.387 fêmeas), garanhão (154 garanhões e 2.320 machos não reprodutores), matriz (964 matrizes e 2.423 fêmeas não reprodutoras) e idade hípica (três classes de idades hípicas com 2, 3 e 4 ou mais anos). As classes de idades hípicas utilizadas nas características TF, BT e MV, foram no momento da

mensuração de cada característica, enquanto nas características RM, LE e IC, a classe de idade hípica foi determinada quando o animal realizou a primeira corrida.

O teste de hipóteses utilizados nas análises foi o Teste Bonferroni (Dunn), permitindo avaliar as diferenças dentro das variáveis, obtidas pelas médias dos mínimos quadrados (médias LS). O p-valor utilizado na avaliação das hipóteses (diferenças significativas entre os grupos de cada variável), foi de 5,0% ($p < 0,05$), logo os níveis de confiança foram de 95,0%. As análises foram realizadas no programa SAS/STAT® (SAS 2011), e as tabelas e gráficos foram preparados nos programas SPSS 25 (IBM 2018).

3. Resultados

3.1. Distribuição dos dados

Hipódromos e Distâncias

No hipódromo do JCS, foram realizados 73,5% dos 23.482 registros, o de Ribeirão Preto contribuiu com 15,3%, de Jahú com 7,8%, de Avaré e da cidade de São Paulo, ambos com 1,7% dos registros totais. A distância 275 m apresenta ausência de registro em dois hipódromos (Jahú e cidade de São Paulo). As demais distâncias apresentaram resultados nos cinco hipódromos. Os registros do hipódromo do JCS apresentaram maior número de corridas aos 301 m, os demais hipódromos apresentaram os 402 m. Em média, somente dois hipódromos apresentaram registros por ano hípico e depois de 2009 somente o hipódromo do JCS se manteve ativo.

A distribuição dos 23.482 registros por distâncias, foram superiores nos 402 m, seguindo as distâncias 301, 365, 320 e 275 m (Tabela 1). Nos 38 anos hípicos completos avaliados, foram observados registros nas distâncias 301, 365 e 402 m, e nas distâncias 320 e 275 m foram observados 32 e 21 anos hípicos de registros, respectivamente. Os 5.861 animais não participaram em todas as distâncias, o maior número competiu nos 301 m seguindo de perto os 402 e 365 m, e menores participações nos 320 e 275 m (Tabela 1).

Sexo, Reprodutores e Idade hípica

As diferenças de participação entre os sexos indicaram maior número de registros das fêmeas em todas as distâncias e variáveis (Tabela 1). Por distância o

número de registros das fêmeas foi superior em 12,0% (275 m), 11,8% (301 m), 21,5% (320 m), 13,6% (365 m) e 12,0% (402 m) comparativamente ao registro dos machos (Tabela 1). Os reprodutores representaram 26,4% do total de registros, sendo 5,2% dos garanhões e 21,2% das matrizes (Tabela 1). Nas diferentes distâncias, foram observadas participações dos garanhões e matrizes iguais a 5,3% e 22,0% (275 m), 9,2% e 32,1% (301 m), 11,0% e 33,1% (320 m), 12,6% e 42,3% (365 m), 14,7% e 44,2% (402m), respectivamente (Tabela 1).

A distribuição total dos registros por idades hípicas foram de 41,3% (2 anos), 44,7% (3 anos) e 14,0% (4 anos), e os número de animais representaram valores próximos (Tabela 1). As médias das idades hípicas dos machos e fêmeas ao momento da corrida não apresentaram diferenças entre o total e os sexos, com valor de $2,7 \pm 0,7$ anos, os garanhões e matrizes apresentaram $3,4 \pm 0,8$ e $2,9 \pm 0,7$ anos, respectivamente. Por distância, as médias de idade hípica, foram de $2,7 \pm 0,7$ (275, 320 e 402 m) e $2,8 \pm 0,7$ (301 e 365 m) anos.

Primeira corrida e número de corridas por animal

O início da carreira esportiva dos 5.861 cavalos indicou que 29,4% dos animais realizaram a sua 1ª corrida na distância de 301 m, seguindo de perto com 27,9% os 402 m, com 24,4% os 365 m, 12,6% aos 320m e as menores participações para iniciar a carreira esportiva foram na menor distância (275 m) com 5,7% dos animais (Tabela 1). As 1ªs corridas por idade hípica, indicaram que 74,9% dos cavalos iniciaram as suas corridas aos 2 anos de idade hípica, 21,5% aos 3 anos e 3,6% aos 4 anos ou mais de idade hípica.

Os reprodutores, ao contrário da população total e por sexo, iniciaram maioritariamente a sua 1ª corrida nas distâncias 402 e 365 m, com 42,2% e 31,2% dos reprodutores, e as menores distâncias (320, 301 e 275 m), representaram 14,0%, 11,0% e 1,3%, respectivamente. As Matrizes iniciaram as competições por distâncias idênticas aos garanhões, nas distâncias 402 m (36,2%) e 365 m (27,5%) com mais participações, seguindo os 301, 320 e 275 m com 21,2%, 12,8% e 2,4%, respectivamente (Tabela 1).

O número médio de corridas (repetições) por animal foi igual $4,0 \pm 3,2$ e por distância valores de $2,9 \pm 2,3$ (275 m), $3,9 \pm 3,4$ (301 m), $3,7 \pm 2,8$ (320 m), $4,0 \pm 3,1$ (365 m) e $4,4 \pm 4,0$ (402 m) corridas. Os animais que realizaram somente uma

corrida, representaram 5,4% dos registros e 21,8% dos animais. Os animais com 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10 corridas representaram 18,8%, 15,5%, 12,0%, 8,6%, 6,3%, 4,7%, 3,0%, 2,7% e 1,8%, do total de animais, respectivamente, com 11 a 14 corridas avaliados 3,7% dos animais e com mais de 15 corridas 2,3% do total de animais. O número máximo de corridas de um animal por distância foi de 4 (275m), 12 (301m), 6 (320m), 9 (365m) e 14 (402m) partidas e avaliando todas as distâncias, surgiu um animal com 28 corridas. O número de corridas por sexo, foi superior nos machos com uma média de $4,2 \pm 3,5$ corridas e as fêmeas com $3,9 \pm 3,0$ corridas. Por reprodutores, os garanhões com $8,0 \pm 5,2$ corridas e as matrizes com $5,2 \pm 3,1$ corridas. Por idade hípica foram observados valores de $3,5 \pm 3,0$ (2 anos), $4,1 \pm 3,0$ (3 anos) e $5,7 \pm 4,3$ (4 anos) corridas em média por animal.

Número de páreos, jóqueis, treinadores e criadores

Os resultados indicaram que foram realizados 139 páreos em média por ano e correram 4,6 cavalos por páreo. O maior número de páreos por ano hípico foram 235, 205 e 193 páreos observados nos anos hípicos de 1990, 1994 e 1989, respectivamente (Tabela 1). Os jóqueis utilizaram em média 11 distintos cavalos e correram em 45 páreos, os treinadores com 16 diferentes cavalos treinados e 65 páreos, e cada criador forneceu em média 9 cavalos do seu criatório que realizaram 55 páreos. Os jóqueis, treinadores e criadores, forneceram as menores e maiores médias de registros nas distâncias 275 e 301 m, respectivamente (Tabela 1).

Anos hípicos (nascimento, 1ª corrida e registros)

As datas (ano) de nascimentos dos 5.861 cavalos atletas surgem distribuídas entre os anos de 1971 a 2014 (Figura 1), foram 43 anos ininterruptos de nascimentos e uma média anual de 133 ± 62 potros futuros atletas. O menor números de nascimentos foram observados nos três primeiros anos (Figura 1), com 13 potros entre 1971 a 1973. Os três anos com maior número de nascimentos foram 1989, 1990 e 2012 com 241, 223 e 248 potros, respectivamente. Após os ano 2000 a média anual aumento e foi de 148 ± 18 nascimentos.

As corridas oficiais no Brasil iniciaram no ano de 1978 com 27 animais, até então tinham nascido 105 potros que apresentaram posteriormente registros de corridas de velocidade no Brasil. A média de animais por ano hípico na 1ª corrida foi

de 150 ± 53 animais estreantes, estes valor indica que em média 12 animais nasceram no exterior, sendo a grande maioria nos EUA. Os anos que maior número de animais iniciaram a sua 1ª corrida foram 1989, 1990 e 1991 com 214, 230 e 245 animais, respectivamente (Figura 1) e, com registros de 1ªs corridas acima de 200 animais estreantes por ano, foram observados nos anos de 1992, 1993, 2012, 2013 e 2015.

A distância com maior número de registro foi os 402 m, mas na virada do século surgem alterações, a distância 301 m passa a ser a que maior número de dados forneceu no século 21, sendo igualmente observado alterações nos 320 m, que passam a ser a distância que menor número de dados forneceu e ultrapassada pela distância de 275 m. Os 402 m perdem destaque no início do século 21, sendo a terceira distância mais participativa, sendo ultrapassada além do já destacado 301 m também pelos 365 m.

A distribuição dos 23.482 registros, pelos 38 anos hípico completos de corridas (1978 a 2015), indicou uma média de 611 ± 227 registros anuais (Figura 1). O ano hípico com maior número de registros foi 1991 com 1.129 registros, seguindo-se os anos de 1987 e 1990, que apresentaram 973 e 974 registros, respectivamente. O número de registros no século 21 apresenta ligeira estabilidade, mas os anos hípicos de 2005, 2008, 2014 e 2015 forneceram números de registros, inferiores à média anual (611 registros).

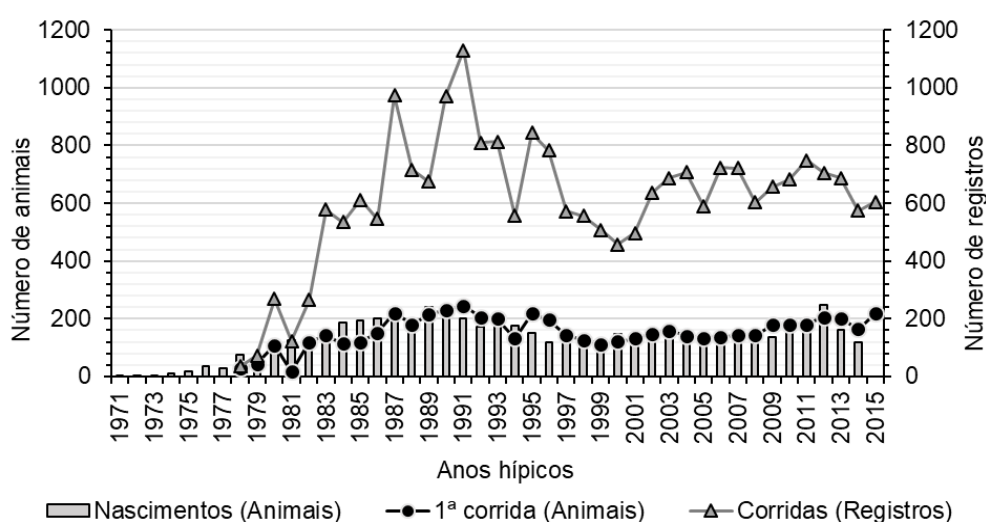


Figura 1. Distribuição do número de animais por ano de nascimento e da 1ª corrida, com número de registros por ano das corridas de velocidade animais da raça QM.

3.2. Características

Tempo Final

Os melhores TF (mínimo) por distâncias foram de 14,99 segundos nos 275 m e obtidos no ano 2014 por um macho, não reprodutor aos 2 anos de idade hípica, na distância de 301 m valor de 15,89 segundos no ano de 2015 por um macho, não reprodutor aos 2 anos, nos 320 m foram 17,00 segundos alcançados ano de 2015 por um macho, não reprodutor aos 3 anos, avaliando os 365 m o menor tempo foi de 19,11 no ano de 2009 por um macho, não reprodutor aos 4 anos e nos 402 m obtidos 20,82 segundos no ano de 2010 por uma fêmea, reprodutora aos 4 anos de idade hípica (Figura 2).

Na variável sexo, os TF dos machos foram menores em todas as distâncias, mas somente nas distâncias 301, 365 e 402 m, foram observadas diferenças significativamente do TF para as fêmeas (Tabela 2). Nas quatro primeiras distâncias os machos não reprodutores comparativamente aos garanhões, forneceram TF significativamente menores, na mais longa distância (402 m), apesar de os garanhões fornecerem os menores TF as diferenças não foram significativas (Tabela 2). As fêmeas não reprodutoras comparativamente as matrizes, apresentaram menores TF nas distâncias 275, 301 e 320 m e maiores aos 365 e 402 m, mas diferenças significativas somente nos 301 e 320 m (Tabela 2).

As médias da característica TF nas três classes de idades hípicas (2, 3 e 4 ou mais anos hípicos), apresentaram valores significativamente ($p < 0,05$) distintos entre as 3 classes de idade na distância de 402 m, na distância 320 m os animais com 2 e 4 anos foram significativamente diferentes entre si, mas não foram diferentes dos animais de 3 anos. Nas distâncias (301 e 365 m), os animais com 2 e 3 anos não apresentaram diferenças consideráveis entre as suas médias dos TF, mas as suas médias foram significativamente diferentes dos animais com 4 anos hípicos (Tabela 2). As menores médias fenotípicas da característica TF avaliando medidas repetidas dos animais, foram observadas no grupo de machos, não reprodutores aos 2 anos (301 e 320 m) e 4 anos hípicos (275, 365 e 402 m).

O grupo de animais com somente uma corrida (sem repetições) forneceu os maiores valores fenotípicos do TF em todas as distâncias, mas em nenhuma das distância, foram observadas diferenças significativas comparando com os animais

com 2 ou mais corridas. Os animais com menores TF na 1ª corrida, acabaram por competir em dez ou mais corridas ao longo da sua longevidade esportiva, mas as diferenças a 1ª corrida comparando os TF dos animais com somente uma corrida, não foram significativas.

Tabela 2. Valores fenotípicos médios em segundos das características Tempo final (TF), Best time (BT) e Melhor velocidade média (MV) nas cinco distâncias, com indicação das diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as variáveis sexo, reprodutores e idade hípica em cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil

	Distância (metros) ^a				
	275	301	320	365	402
TF					
Machos	15,96 ± 0,64	17,26 ± 0,58	18,85 ± 0,91	20,85 ± 0,95	22,92 ± 1,08
Fêmeas	15,94 ± 0,64	17,33 ± 0,65	* 18,87 ± 0,97	20,94 ± 0,92	* 23,12 ± 1,08
Não reprodutor	15,95 ± 0,63	17,22 ± 0,56	18,76 ± 0,91	20,82 ± 0,94	22,96 ± 1,09
Garanhões	16,24 ± 0,73 *	17,40 ± 0,70 *	* 19,18 ± 0,80	* 21,06 ± 0,95	* 23,02 ± 1,04
Não reprodutora	15,96 ± 0,64	17,30 ± 0,63	18,81 ± 0,91	21,02 ± 0,95	23,12 ± 1,11
Matrizes	16,05 ± 0,63	17,39 ± 0,65	* 18,96 ± 0,77	* 20,95 ± 0,95	23,16 ± 1,03
Aos 2 anos	15,98 ± 0,74	17,27 ± 0,54	18,76 ± 0,86	* 20,91 ± 0,95	23,07 ± 1,08 *
Aos 3 anos	15,98 ± 0,58	17,26 ± 0,64	18,88 ± 0,92	20,96 ± 0,94	23,23 ± 1,10 *
Aos 4 anos	15,89 ± 0,33	17,36 ± 0,66 *	* 18,94 ± 0,88	* 20,83 ± 0,87	* 22,75 ± 0,99 *
Total	15,97 ± 0,64	17,29 ± 0,61	18,84 ± 0,89	20,93 ± 0,93	23,12 ± 1,09
BT					
Machos	15,95 ± 0,64	17,26 ± 0,65	18,72 ± 0,87	20,83 ± 0,99	22,89 ± 1,10
Fêmeas	15,99 ± 0,66	17,38 ± 0,70	* 18,81 ± 0,88	* 20,98 ± 0,94	* 23,19 ± 1,13
Não reprodutor	15,93 ± 0,63	17,25 ± 0,65	18,69 ± 0,88	20,81 ± 0,97	22,90 ± 1,11
Garanhões	16,26 ± 0,72	17,45 ± 0,76	* 19,03 ± 0,75	* 21,02 ± 0,99	* 22,85 ± 1,05
Não reprodutora	15,97 ± 0,66	17,36 ± 0,69	18,77 ± 0,93	21,00 ± 0,97	23,25 ± 1,18
Matrizes	16,08 ± 0,68	17,43 ± 0,72	* 18,89 ± 0,76	* 20,95 ± 0,89	23,09 ± 1,03 *
Aos 2 anos	16,02 ± 0,76	17,60 ± 0,61	* 18,71 ± 0,86	* 20,86 ± 0,96	* 23,00 ± 1,16
Aos 3 anos	15,94 ± 0,60	17,42 ± 0,71	* 18,83 ± 0,89	21,00 ± 0,98	* 23,26 ± 1,11 *
Aos 4 anos	15,92 ± 0,36	17,21 ± 0,73 *	* 18,87 ± 0,87	* 20,97 ± 0,92	22,90 ± 0,99
Total	15,97 ± 0,65	17,33 ± 0,68	18,77 ± 0,88	20,92 ± 0,97	23,06 ± 1,13
MV					
Machos	62,18 ± 2,32	62,86 ± 2,28	61,68 ± 2,80	63,21 ± 2,89	63,36 ± 2,98
Fêmeas	62,01 ± 2,41	62,45 ± 2,41	* 61,37 ± 2,79	* 62,75 ± 2,75	* 62,54 ± 2,97 *
Não reprodutor	62,23 ± 2,29	62,91 ± 2,24	61,78 ± 2,82	63,27 ± 2,87	63,35 ± 2,99
Garanhões	60,99 ± 2,69	62,20 ± 2,68	60,63 ± 2,42	* 62,64 ± 2,92	* 63,46 ± 2,90
Não reprodutora	62,10 ± 2,38	62,52 ± 2,38	61,51 ± 2,94	62,74 ± 2,81	62,39 ± 3,07
Matrizes	61,68 ± 2,51	62,26 ± 2,49	61,08 ± 2,87	* 62,84 ± 2,63	62,79 ± 2,76
Aos 2 anos	62,23 ± 2,75	63,04 ± 2,10	* 61,68 ± 2,74	* 63,12 ± 2,78	* 63,07 ± 3,05
Aos 3 anos	61,89 ± 2,18	62,33 ± 2,45	* 61,32 ± 2,86	62,71 ± 2,87	* 62,37 ± 2,96 *
Aos 4 anos	62,21 ± 1,36	61,70 ± 2,54	* 61,19 ± 2,76	* 62,80 ± 2,72	63,33 ± 2,72
Total	62,08 ± 2,37	62,63 ± 2,36	61,49 ± 2,80	62,94 ± 2,82	62,89 ± 3,00

a, médias dos mínimos quadrados (médias LS) ajustadas para múltiplas comparações de Bonferroni;

* Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos grupos com intervalo de confiança de 95%.

Best time

Na característica BT avaliando o melhor TF de cada animal por distância (Tabela 2), foram observadas diferenças significativamente entre sexos, os menores valores fenotípicos surgem nos machos em quatro distância (301, 320, 365 e 402 m). Os garanhões forneceram em média valores do BT significativamente superior aos machos não reprodutores nas distâncias intermédias (301, 320 e 365 m), somente na maior distância (402 m) os garanhões apresentaram menores BT, mas as diferenças não foram significativas. As matrizes nas distâncias mais longas (365 e 402 m), forneceram valores de BT inferiores as fêmeas não reprodutoras, mas somente na distância de 402 m as diferenças foram significativas. Nos 301 e 320 m as éguas não reprodutoras forneceram as melhores médias com valores significativamente menores que as matrizes.

Nas três classes de idades hípicas, as diferenças significativas ($p < 0,5$) das médias do BT, somente foram observadas na distância 301 m (Tabela 2). Foram observadas diferenças significativas nos 320 m entre os animais com 2 e 4 anos de idade, na distância 365 m diferenças consideráveis entre os animais com 2 e 3 anos de idade, e na distância 402 m as médias dos animais com 3 anos foram significativamente diferentes dos animais com 2 e 4 anos (Tabela 2).

Os valores fenotípicos das características TF e BT, foram próximos em todas as variáveis e seus grupos, as diferenças fenotípicas por distância entre as médias das características TF e BT não foram significativas (Tabela 2).

Melhor Velocidade média

Os machos foram mais rápidos (MV) que as fêmeas em todas as distâncias, com diferenças significativamente ($p < 0,05$) nas distâncias 301, 320, 365 e 402 m (Tabela 2). Os machos não reprodutores foram mais rápidos que os garanhões nas quatro primeiras distâncias, sendo significativamente mais rápidos nas distâncias 320 e 365 m (Tabela 2). Na mais longa distância (402 m), os garanhões foram mais rápidos que os machos não reprodutores, mas, as diferenças nas médias da característica MV não foram significativas. Nas fêmeas, as éguas não reprodutoras foram mais rápidas nas três primeiras distâncias, mas somente foram significativamente mais rápidas na distância de 320 m. Nas distâncias mais longas

(365 e 402 m), apesar de as matrizes serem mais rápidas, não foram observadas diferenças significativas. As medias fenotípicas das características MV e BT, foram idênticas nas variáveis sexo e idade hípica.

Na característica MV individualmente, a velocidade mais elevada foi observado nos 402 m com 69,51 km/h, alcançado por uma fêmea, reprodutora aos 4 anos de idade. Na distância de 365 m com 68,76 km/h (macho, não reprodutor aos 4 anos), nos 301 m foi de 68,19 km/h, (macho, não reprodutor aos 4 anos), os 320 m foi de 67,77 km/h, (macho, não reprodutor aos 4 anos) e na distância 275 m foi de 66,04 km/h (macho, não reprodutor aos 2 anos).

Rentabilidade monetária

Os registros premiados monetariamente (7.405), corresponderam a 31,5% do total e, foram observadas premiações em 51,5% dos páreos e 53,6% dos cavalos foram premiados monetariamente (3.140 animais). O valor fenotípico total da característica RM distribuída aos proprietários dos animais ao longo dos 38 anos hípicas foi de \$US 43.887.504,9 dólares, com 48,5% deste valor obtido por machos (Tabela 3). Em média por animal foram atribuídos aos seus proprietários U\$ 13.976,9 $\pm$ 41.796,4.

Tabela 3. Valores fenotípicos médios, máximos e total em U\$ dólares Americanos da característica Rentabilidade monetária (RM) obtidos na total carreira, com indicação das diferenças significativas entre as variáveis sexo, reprodutores e idade hípica, e valores em cavalos de corrida da raça QM

RM	Número de animais	Média ^a	*p<0,05	Máximo	Total
Machos	1.394	U\$ 12.363,3 $\pm$ 40.954,4		U\$ 533.164,7	U\$ 21.261.693,0
Fêmeas	1.746	U\$ 12.552,2 $\pm$ 42.440,9		U\$ 806.602,7	U\$ 22.625.811,9
Não reprodutor	1.275	U\$ 12.479,9 $\pm$ 31.648,8	*	U\$ 429.324,8	U\$ 15.301.548,4
Garanhões	119	U\$ 50.563,9 $\pm$ 87.452,9		U\$ 533.164,7	U\$ 5.960.144,6
Não reprodutora	1.160	U\$ 11.937,1 $\pm$ 26.644,6	*	U\$ 430.972,2	U\$ 10.001.403,5
Matrizes	586	U\$ 24.858,6 $\pm$ 62.090,8		U\$ 806.602,7	U\$ 12.624.408,4
Aos 2 anos	2.411	U\$ 14.860,6 $\pm$ 44.120,8		U\$ 806.602,7	U\$ 35.484.713,5
Aos 3 anos	619	U\$ 11.644,4 $\pm$ 34.175,7		U\$ 558.514,0	U\$ 7.174.044,8
Aos 4 anos	110	U\$ 10.868,3 $\pm$ 24.365,6		U\$ 168.414,9	U\$ 1.228.746,6
Total	3.140	U\$ 13.976,9 $\pm$ 41.796,4		U\$ 806.602,7	U\$ 43.887.504,9

a, médias dos mínimos quadrados (médias LS) ajustadas para múltiplas comparações de Bonferroni.;

* Diferenças significativas (p<0,05) entre as médias dos grupos, intervalo de confiança de 95%.

As diferenças significativas ($p < 0,05$) nas médias fenotípicas da característica RM, somente foi observada entre os animais reprodutores e os não reprodutores (Tabela 3). As mais elevadas médias fenotípicas da RM foram observadas no grupo dos garanhões, que receberam premiações em média de U\$ 50.563,9 $\pm$ 87.452,9. Não foram observadas diferenças ressaltantes nas médias fenotípicas da característica RM, entre os três grupos das idades hípicas (Tabela 3). Mas, os animais com dois anos de idade hípica, acumularam premiações totais equivalentes a 80,9% do total de prêmios monetários atribuídos de 1978 a 2015.

Longevidade esportiva e intervalo entre corridas

O tempo médio entre a primeira e a última corrida dos animais, forneceu valores fenotípicos reduzidos para a característica LE (Tabela 4). Por sexo, os machos permaneceram mais 1,4 meses em competição, e os garanhões e matrizes, apresentaram os maiores valores da característica LE. Os valores da LE, a 1ª corrida (idade hípica), indicaram que os animais que iniciaram com 4 anos hípicos permaneceram em média mais 0,5 e 2,2 meses em competição, comparativamente aos animais com 2 e 3 anos, respectivamente (Tabela 4). As diferenças entre as médias da LE foram significativas entre os sexos, reprodutores e não reprodutores e nos animais com 3 anos e os animais com 2 e 4 anos (Tabela 4).

Tabela 4. Valores fenotípicos médios e máximos das características Longevidade Esportivas (LE) e Intervalo entre corridas (IC), pela variáveis Sexo, Reprodutores e idade e indicação de diferenças significativas nos cavalos de corridas da raça QM no Brasil

Itens	Número de animais	LE			IC		
		Média ^a $\pm$ DP	* $p < 0,05$	Máximo	Média ^a $\pm$ DP	* $p < 0,05$	Máximo
Machos	2.474	8,3 $\pm$ 10,3		86,1	2,0 $\pm$ 3,0		58,6
Fêmeas	3.387	6,9 $\pm$ 7,6	*	51,6	1,7 $\pm$ 2,2	*	22,2
Não reprodutor	2.320	7,5 $\pm$ 9,4		86,1	1,9 $\pm$ 3,0		58,6
Garanhões	154	20,6 $\pm$ 15,0	*	68,4	3,2 $\pm$ 3,2	*	18,0
Não reprodutora	2.424	5,7 $\pm$ 6,7		51,6	1,6 $\pm$ 2,0		19,9
Matrizes	963	9,9 $\pm$ 8,7	*	50,0	2,2 $\pm$ 2,5	*	22,2
Aos 2 anos	4.390	7,8 $\pm$ 8,8		78,0	1,8 $\pm$ 2,3		58,6
Aos 3 anos	1.259	6,1 $\pm$ 8,3	*	59,3	1,9 $\pm$ 3,0		35,6
Aos 4 anos	212	8,3 $\pm$ 11,9		86,1	3,1 $\pm$ 4,1	*	17,5
Total	5.861	7,5 $\pm$ 8,9		86,1	1,9 $\pm$ 2,6		58,6

a, médias dos mínimos quadrados (médias LS) ajustadas para múltiplas comparações de Bonferroni.;

* Diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as médias dos grupos, intervalo de confiança de 95%.

A média observada do IC foi igual a $1,9 \pm 2,6$ meses, por sexo os machos permaneceram mais tempo em repouso, com valor de IC significativamente superior as fêmeas (Tabela 4). Os garanhões e matrizes, apresentaram médias com valor do IC significativamente superior ao dos animais não reprodutores. Os valores fenotípicos da característica IC por idades hípicas a 1ª corrida, foram superiores nos animais que iniciaram aos 4 anos e menores em 1,2 e 1,3 meses nos animais com 3 e 2 anos respectivamente. As médias fenotípicas da característica IC entre os animais com 4 anos e os animais com 2 e 3 anos foram significativas (Tabela 4). Foi observada uma correlação de 0,87 entre os valores fenotípicos das características LE e IC.

3.2.1. Alterações fenotípicas das características ao longo do tempo

Tempo Final

A distribuição dos registros e as médias anuais dos valores da característica TF ao longo dos 38 anos hípicos de corridas, apresentaram idênticas oscilações nas cinco distâncias (Figura 2.a). Nos primeiros quatro anos hípicos, foram observadas diminuições consideráveis dos TF, mas nos quatro anos seguintes (1982 a 1985) os valores da características TF aumentaram em todas as distância e, foram obtidas as piores médias das populações. Após o anos de 1986 e até o início do século 21 os valores dos TF diminuíram (Figura 2.a).

Os melhores (menores) valores médios da característica TF surgem nos últimos 10 anos avaliados (Figura 2.b), foram obtidas no ano 2014 para as distâncias 275, 320 e 402 m e no ano 2015 para os 301 e 365 m. Mas, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre os valores do TF nos anos de 2006 a 2015 (Figura 2.b).

Algumas médias na características TF em anos hípicos distantes (Figura 2.a), não apresentaram diferenças significativas comparando as medias fenotípicos do TF no último ano avaliado (2015), i.e., nos anos de 1997, 1999, 2001, 1988 e 2000 e nas distâncias 275, 301, 320, 365 e 402, respectivamente.

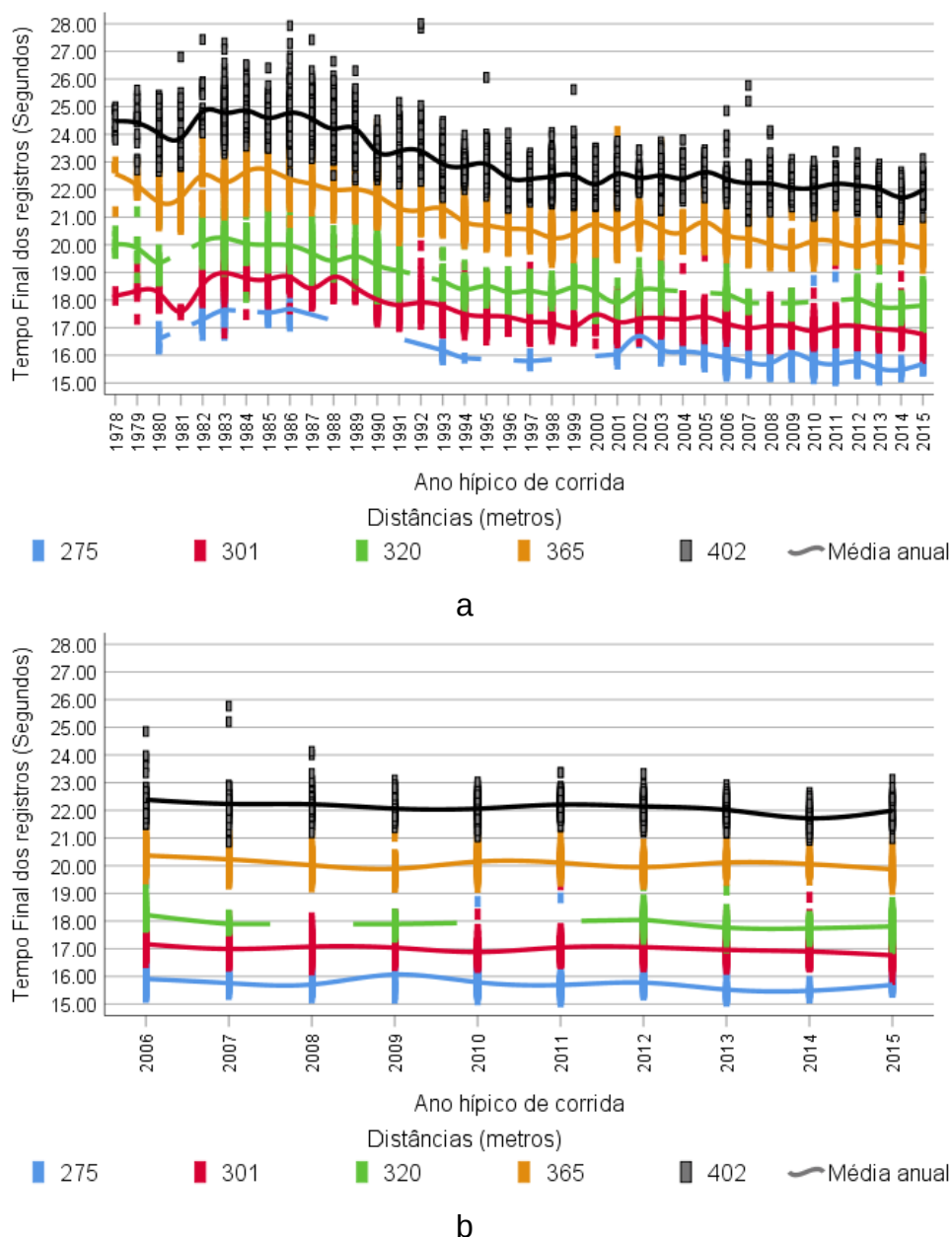
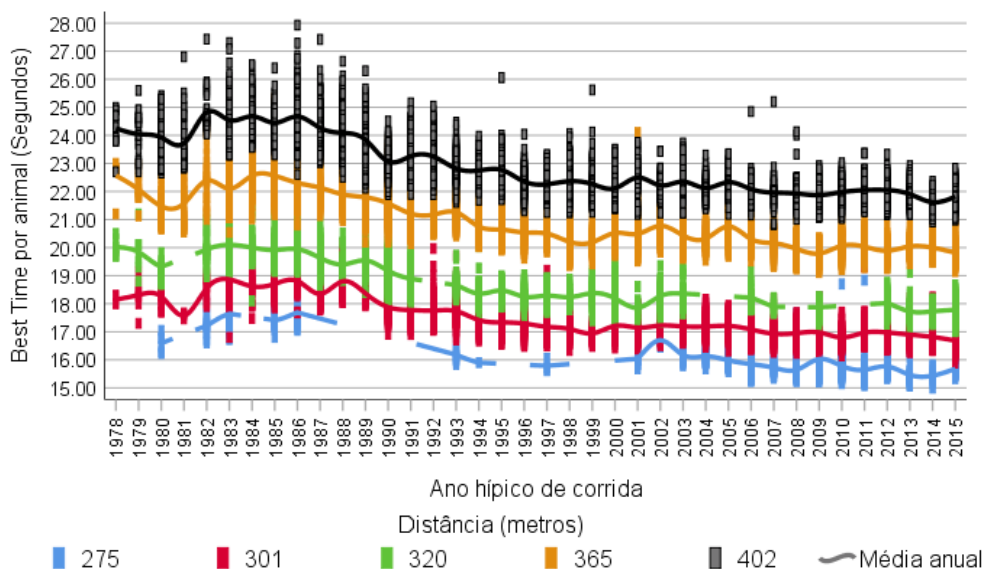


Figura 2. Distribuição dos valores fenotípicos (23.482) e média anual (linha *spline*) da característica tempo final (TF) por distância e ao longo dos 38 anos hípicos (Fig. 2.a) e últimos 10 anos hípicos (Fig. 2.b) das corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

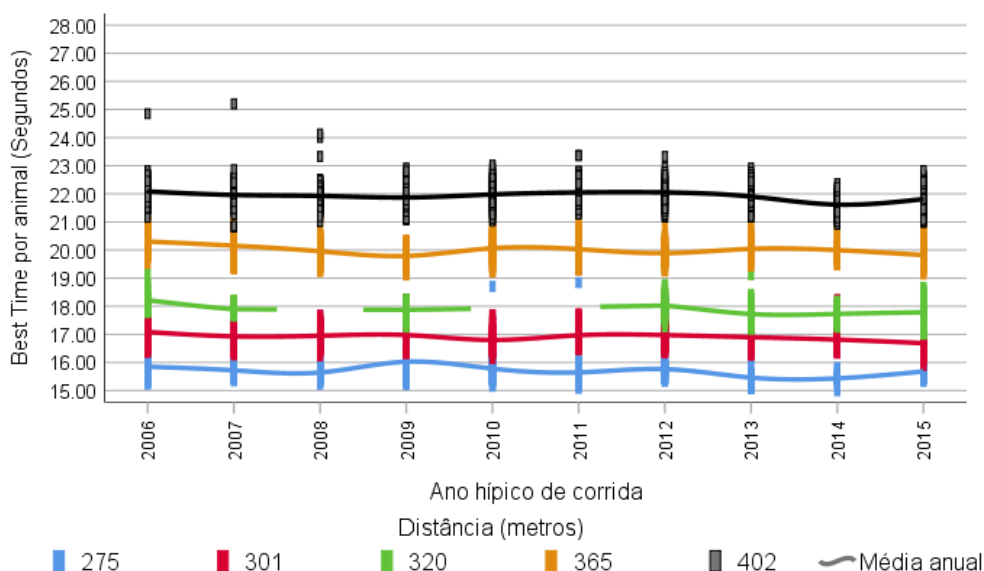
Best time

Os valores fenotípicos da característica BT (Figura 3.a), apresentam idêntica distribuição da características TF (Figura 2.a), mas os valores médios anuais do BT foram em média inferior as médias anuais do TF, mas não foram observadas diferentes significativas ($p < 0,05$), entre os valores médios das características BT e TF. Os valores fenotípicos da característica BT apresentaram uma diminuição média

anual ao longo dos 38 anos de somente -0,02 (275 m), -0,04 (301 m), -0,04 (320 m), -0,05 (365 m) e -0,03 (402 m) segundos. Os melhor tempo dos animais (BT), foram obtidos nos últimos 10 anos (Figura 3.b) mas as diferenças entre os valores de BT nos anos de 2006 a 2015, não foram significativas.



a



b

Figura 3. Distribuição dos valores fenotípicos (12.616) e média anual (linha *spline*) da característica Best Time (BT) por distância e ao longo dos 38 anos hípico (Fig. 3.a) e últimos 10 anos hípico (Fig. 3.b) das corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

Melhor velocidade média

Os registros das características BT e MV somente diferenciam na unidade de medição utilizada em segundos e km/h, respectivamente. Os valores da MV dos animais na distância mais longa, indicaram que o aumento da distância não diminui a velocidade, pelo contrário, os valores da MV aumentaram (Figura 4).

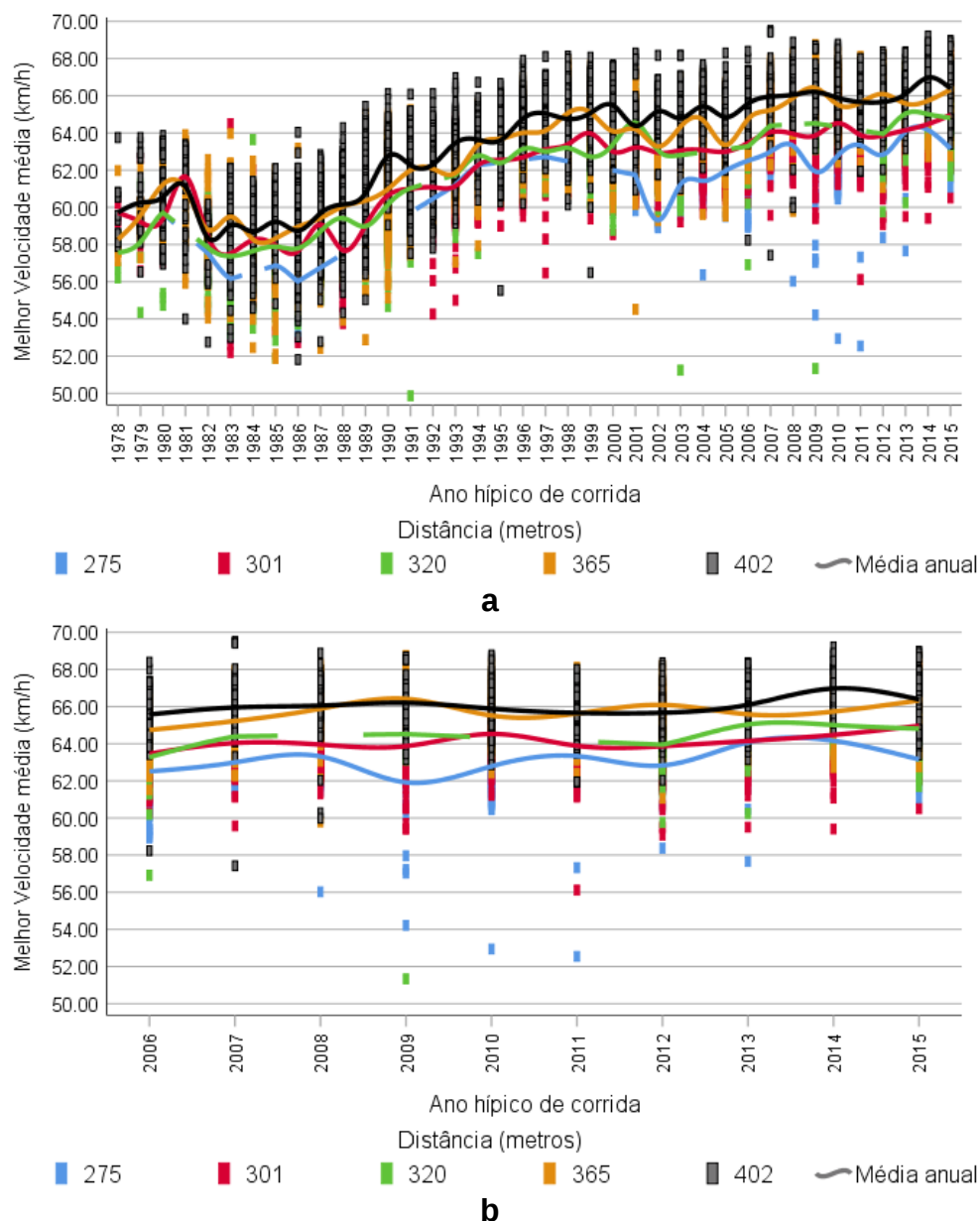


Figura 4. Distribuição dos valores fenotípicos (12.616) e média anual (linha *spline*) da característica Melhor Velocidade média (MV) por distância e ao longo dos 38 anos hípicos (Fig. 4.a) e últimos 10 anos hípicos (Fig. 4.b) das corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

Em determinados anos hípico, os valores dos fenótipos da característica MV foram superiores em distâncias menores. i.e., no ano de 1981, os animais da distância 301 m foram em média os mais rápidos e no ano de 2001 os animais da distância 320 m foram mais velocidades em média que os das demais distâncias (Figura 4.a). As diferenças das médias anuais da característica MV no ano de 2006 para o ano 2015 foram inferiores a 1,0 km/h nas distâncias 275 e 402 m e inferiores a 2,0 km/h nos 301, 320 e 365 m (Figura 4.b).

As médias LS da característica TF, BT (menores) e MV (maiores), observadas no hipódromo do JCS foram melhores que os demais hipódromos (Avaré; Jahú; São Paulo e Ribeirão Preto).

Rentabilidade monetária

As médias dos valores monetários totais atribuídos anualmente, foram de U\$ 1.163.581,6 e, cada animal (3.140) foi premiado em média com U\$ 12.493,0 (Figura 5). Os três anos com maiores premiações foram 1988, 1987 e 1989 com U\$ 5.260.200,3; U\$ 4.947.510,1 e U\$ 4.287.123,63 respectivamente, consequentemente, nesse anos foram observados as médias mais elevadas com U\$ 30.921,9; U\$ 48.705,6 e 27.658,9 respectivamente, por animal e ano hípico (Figura 5.a).

O máximo acumulado (RM) por um animal foi U\$ 806.602,7, obtido por uma égua que se tornou reprodutora (Matriz), nasceu em 1984 realizou 13 competições durante os dois e três anos hípicos de idades e obteve 3 premiações, a primeira corrida foi na distância de 320 m no hipódromo de Ribeirão Preto – SP, no ano hípico de 1986.

No s últimos 10 anos (2006 a 2015) a soma dos prêmios anuais atribuídos, aumento em U\$ 310.462,2 e, as médias anuais do ano de 2006 para o ano 2015 forneceram diferenças significativas (Figura 5.b).

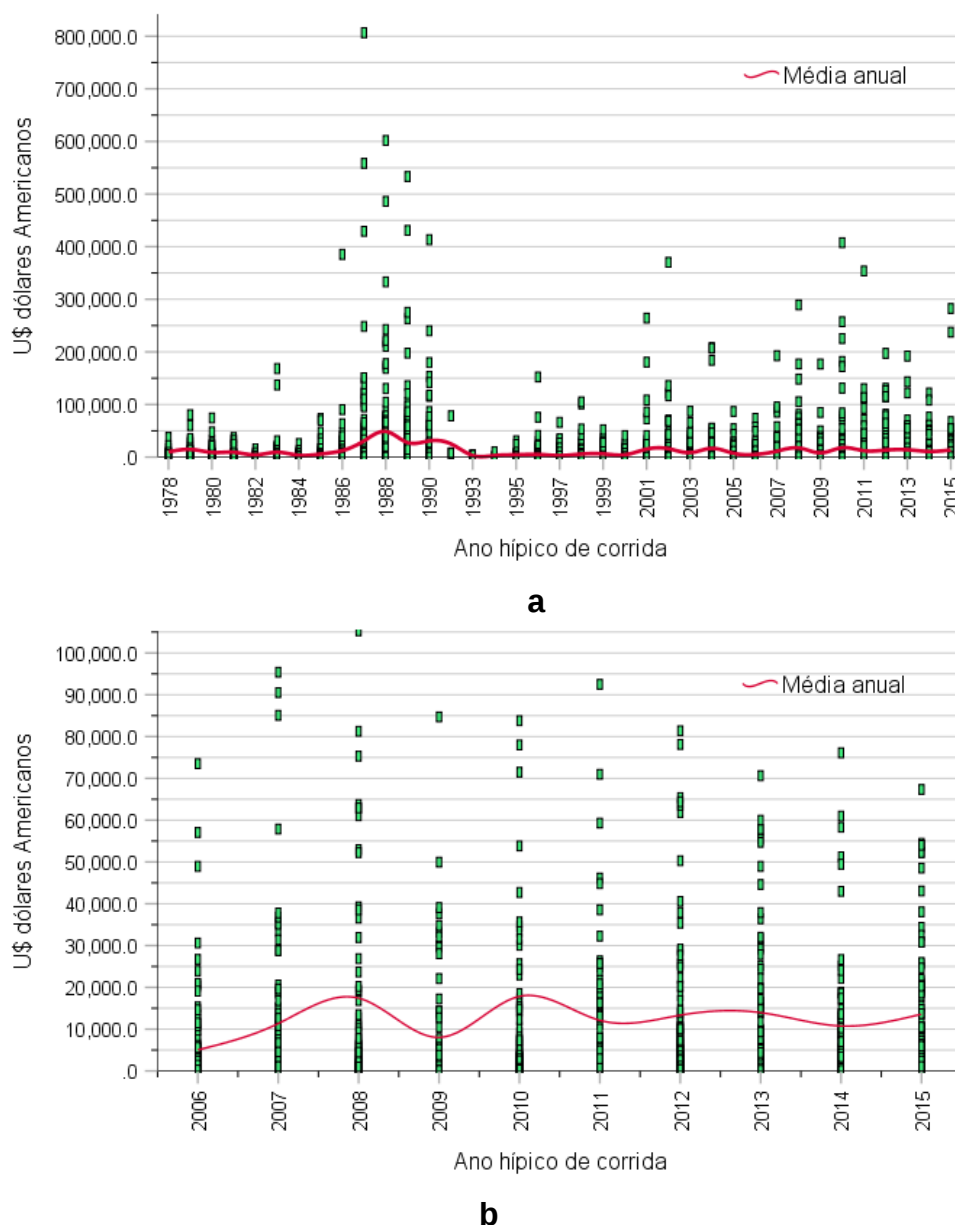


Figura 5. Distribuição dos valores fenotípicos (3.140) e média anual (linha *spline*) da característica Rentabilidade monetária (RM) por distância e ao longo dos 38 anos hípico (Fig. 5.a) e últimos 10 anos hípico (Fig. 5.b) das corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

Longevidade esportiva e Intervalo entre corridas

As médias da característica LE por ano hípico de nascimento, apresentaram maiores oscilações que as médias do IC (Figura 6). Os animais nascidos no ano de 1996 foram os que mais tempo permaneceram em competição (LE) com 10,2 meses, seguindo-se os anos hípicos de nascimento 2002 (9,9 meses) e 2000 (9,0 meses), as menor médias de LE foram observadas em 2012 , 2011 e 2010, com

valores 3,1; 3,9 e 5,1 meses, respectivamente. O ano em que os animais ficaram mais tempo entre corridas (IC) foi em 1996 e menor o menor valor de IC foi observado no ano de 2013 (Figura 6).

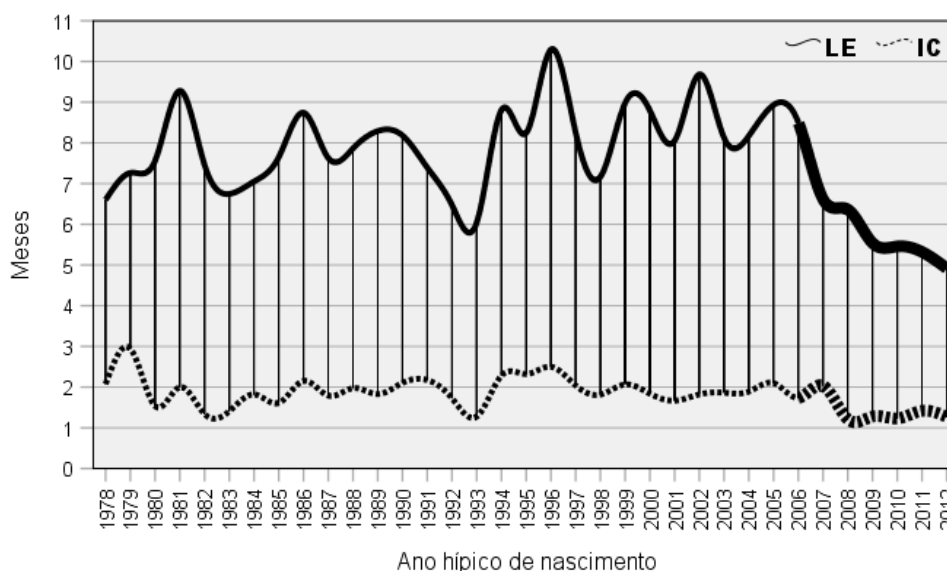


Figura 6. Distribuição dos valores fenotípicos (5.861 medidas únicas) e média anual (linha spline) das características Longevidade Esportiva (**LE**) e Intervalo entre Corridas (**IC**) em mês pelos anos hípicos de nascimento de 1978 a 2012, em corridas de cavalos da raça QM no Brasil.

4. Discussão

4.1. Distribuição dos dados

Hipódromos e Distâncias

A base de dados utilizada engloba vários hipódromos no estado de São Paulo, mas o fato de somente ter corridas de um estado brasileiro, apresenta logicamente menor número de registros comparativamente ao estudo da raça QM no continente norte-americano (Buttram et al., 1988), com registros de 3 países (Estados Unidos América, Canadá e México). O crescimento de registros oficiais seria possível, com a junção de todas as corridas da raça QM do continente sul-americano, da mesma forma como são geridas os registros no continente norte-americano. Por outro lado, os resultados apresentados por FARIA et al. (2019), sugerem que menor número de dados podem fornecer resultados com elevada acurácia.

O hipódromo do JCS forneceu as melhores médias nas características TF, BT e MV, os motivos foram, a qualidade do hipódromo, especialmente criado para corridas de curta distância da raça QM, o fato de ser somente inaugurado no ano de 1990, beneficiou da seleção existente até o ano de 1989, e pela habituação ao espaço que foram competindo, visto que 73,5% dos registros foram realizados no hipódromo do JCS, logo menor intervenções dos efeitos de ambiente do hipódromo nos animais.

A apresentação e avaliação dos registros separadamente pelas diferentes distâncias como sugerido na literatura (Buttram et al., 1988; Corrêa e Mota, 2007; Faria et al., 2019), foi aplicado, visto que cada distância apresenta diferentes exigências fisiológicas. A participação dos animais pelas diferentes distâncias é de escolha do treinador (Tabela 2), mas pode ter sido influenciada pela disponibilidade das distâncias existentes em cada reunião (conjunto de corridas com diferentes distâncias) e hipódromos, visto que nem sempre foram realizadas corridas para todas as distâncias.

A distância de 402 m apresentaram o maior número de registros, mas vem perdendo destaque para os 301 m, que é a distância mais frequentada no século 21 (2000 até 2015) e a mais realizada no hipódromo do JCS. No estudo de Buttram et al. (1988) avaliando as distâncias 320, 365 e 402 m, os autores indicaram que a distância com maior número de registros foi aos 320 m e o menor número aos 402 m. No presente estudo, a diminuição de registros na distância de 402 m e o aumento verificado nos 301 m, indicaram alterações estratégicas dos treinadores no Brasil. Estas alterações aconteceram, provavelmente, com o intuito de diminuir o tempo final e aproximação as médias do continente norte-americano, detentores dos recordes mundiais em todas as distâncias da raça QM.

Sexo, Reprodutores e Idade hípica

A diferença do número de registros entre sexos é idêntico a todos os estudos da raça QM observados na literatura (Buttram et al., 1988; Corrêa e Mota, 2007; Faria et al., 2018, 2019; Silva et al., 2014; Villela et al., 2002; Wilson et al., 1988), com as fêmeas apresentar maior percentual (Tabela 2). Sendo também comum nas raças Puro Sangue Árabe (Ekiz et al., 2005; Ekiz e Kocak, 2005) e PSI (Mota et al.,

2005, 1998; Saastamoinen e Ojala, 1991). Possivelmente, um dos motivos é a ausência de seleção para as matrizes, pela menor capacidade reprodutora das fêmeas, levando a serem registradas e utilizadas em maior número, consequentemente maior disponibilidade de éguas no mercado de vendas, criatórios e competições.

Os animais reprodutores representam reduzido número dentro da população e, somente 1 registro em cada 19 registros pertenciam aos garanhões, dificultando a interpretação de como foi realizada a seleção dos garanhões. As matrizes aumentaram a sua participação, com 1 em cada 5 registros, permitindo uma maior comparação dos registros entre as fêmeas. O maior número de reprodutores que competiram nas mais longas distâncias (365 e 402 m), não competiram nas menores distâncias, não permitindo observar o comportamento destes animais nas menores distâncias.

A classe de idade hípica dos animais no momento da corrida, foi determinada pelo início do ano hípico de nascimento. Quer isto dizer, todos os animais completam novo ano hípico de vida no dia 1 de janeiro (hemisfério norte) e 1 de julho (hemisfério sul). O ano hípico existe para avaliação e definir os campeões de uma época esportiva completa (1 ano). No hemisfério sul o ano hípico completo vai de 1 julho até 30 de junho do ano seguinte.

Na raça QM, muitas das corridas são classificadas de acordo com a idade hípica do animal, com o objetivo de proporcionar aos animais idênticas capacidades fisiológicas, sendo idêntico ao sucedido nas corridas QM realizadas na América do Norte (Buttram et al., 1988a), influenciando assim o número de registros distribuídos pelas distâncias disponíveis para determinadas idades.

Primeira corrida e número de corridas por animal

A escolha da distância para a 1ª corrida na raça QM é de grande importância, devido as diferentes necessidades fisiológicas para competir em cada uma das distâncias. A distribuição por distância observada no presente estudo, indicaram que 1 em cada 2 cavalos começaram a 1ª corridas nas mais longas distâncias (365 e 402 m), contrariando qualquer plano de treinamento de um atleta, que iniciam as competições nas provas de menor esforço.

Os cavalos devem iniciar as competições na menor distância, então a distância de 301 m existente em todos os anos avaliados, seria a distância mais indicada para os animais de corrida da raça QM iniciarem oficialmente a sua vida esportiva. Apesar de a distância de 301 m ter apresentado o maior percentual de registros para a 1ª corrida como desejado, o valor percentual foi reduzido (Tabela 2). A escolha das grandes distâncias (365 e 402 m) por mais de 50% dos treinadores para a 1ª corrida dos animais, é um erro de planejamento do início da vida esportiva dos cavalos atletas. As elevadas exigências para competir nas distâncias 365 e 402 m na 1ª corrida, podem comprometer o futuro esportivo destes animais, pelo elevado esforço despendido nestas distâncias quando ainda demasiado jovens (2 anos).

A idade a 1ª corrida foi diminuta, os animais de corrida da raça QM, por muito precoces que sejam, não deveriam iniciar as corridas aos 2 anos de idade hípica, o ideal seria acompanhar o sucedido na raça PSI com inícios maioritariamente aos 3 anos (Bolwell et al 2016a), ou somente deveriam realizar corridas durante os seus 2 anos de idade nas menores distâncias (275, 301 e 320 m), permitindo assim uma consciente preparação dos animais para as distâncias mais longas.

O número de corridas por animal é de grande importância (dados repetidos), pois fornece valores com maior precisão nas comparações entre animais e as variáveis. O número médio de repetições dos animais observados em outras raças de cavalos de corridas como PSI (Bolwell et al 2016a) e Trotadores (Bolwell et al 2016b) foram superiores ao presente estudo (4,0 corridas), demonstrando maior capacidade fisiológica destes animais (PSI e Trotadores) visto que conseguem realizar maior número de competições, em média 8 a 10 corridas por animal.

Um dos possíveis motivos pelas diferenças entre o número de corridas nas distintas raças de cavalos (QM em comparação com PSI e Trotadores), está ligado à idade hípica que os animais iniciam as competições. Como referido nos parágrafos do Sexo e Idade hípica, possivelmente o início prematuro dos animais QM em competição pode ser responsável pelo menor número de corridas dos animais da raça QM. No presente estudo, 4 em cada 5 dos animais estrearam nas competições aos 2 anos de idade (ainda não atingiram a maturidade fisiológica), nos animais de raças Trotadoras somente 3% iniciam aos 2 anos, com grande maioria segundo os autores (Bolwell et al 2016b), iniciaram a 1ª corrida aos 4, 5 e 6 anos de idade,

apresentado em média o dobro das corridas realizadas, comparando aos animais da raça QM no Brasil.

Número de páreos, jóqueis, treinadores e criadores

O número médio de cavalos por corrida na raça QM (5 animais), é menor que as corridas de velocidade da raça PSI no Brasil (Mota et al 2005) e, corridas da raça QM no continente Norte-Americano, (Buttram et al., 1988). O menor número médio de animais por corrida no presente estudo, surgiu em parte pelo limite e tamanho de alguns hipódromos (atualmente desativados) que forneceram dados ao presente estudo. Estes hipódromos não apresentavam condições atrativas, como as verificadas nas provas de animais PSI e QM no continente norte-americano ou no hipódromo JCS no Brasil, não atraindo maior número de participantes (cavalos e jóqueis), público e apostadores. Além disso, o menor número de animais na população QM brasileira, comparativamente ao número de animais PSI no Brasil (Mota et al 2005) e QM do continente Norte-americano (Buttram et al., 1988).

O número médio de animais e corridas (registros) dos jóqueis, treinadores e criadores é reduzido, a utilização dos jóqueis e treinadores demonstraram trocas constantes, indicando falta de consistência entre relação homem-cavalo, não sendo tão importante na raça QM como na raça PSI (Thiruvenkadan et al 2009a). As competições mais longas, obrigam a uma maior interação do jóquei com o cavalo e um planejamento com o treinador. Os criadores ao fornecerem um média reduzida de animais, sugerem que maior parte dos animais foram criados em pequenos criatórios e com falta de acesso as condições dos grandes criadores.

Anos hípicas (nascimento, 1ª corrida e registros)

O número de animais a 1ª corrida é próximo ao número de nascimentos anual (Figura 1), sendo somente necessário adquirir ao exterior menos de 10% dos animais em competição, para as necessidades dos proprietários brasileiros, indicando controle por parte dos criadores para o fornecimento de animais da raça QM para as corridas de velocidade.

4.2. Características e alterações fenotípicas ao longo do tempo

Tempo fina, Best Time e Melhor velocidade média

As características avaliando o desempenho dos cavalos em corridas, são de fácil obtenção e baixo custo, sendo o principal motivo da escolha. A característica TF foi a mais utilizada na avaliação de cavalos de corridas de velocidade nas últimas décadas (Thiruvankadan et al 2009a; Thiruvankadan et al 2009b).

Individualmente, o animal mais rápido foi uma fêmea e entre os vinte e cinco mais rápidos, surgem dez fêmeas, mas as melhores médias fenotípicas das características TF, BT e MV, observadas na população por sexo (Tabela 2), permitem afirmar que os machos são mais velozes que as fêmeas nas corridas da raça QM no Brasil. Um dos principais motivos relatados na raça QM (Buttram et al., 1988), foi a retirada das melhores fêmeas para reprodução mais cedo que os machos e, com a maior permanência destes em competição ajuda a descer as médias dos seus tempo finais e aumento das velocidades.

Na raça de cavalos de corridas PSI no Brasil (Mota et al 1998; Mota et al 2005), foram relatadas superioridade dos machos em relação as fêmeas nas características TF e BT em todas as distâncias. Na mesma raça de cavalos atletas no Japão (Oki et al 1994) não foram observadas diferenças consideráveis entre machos e fêmeas.

As médias fenotípicas de TF e BT foram próximas, quer isto dizer, avaliar todos os registros (TF) ou avaliar somente o melhor tempo de cada animal (BT), não é significativamente diferente. Os valores do BT deveriam apresentar médias significativamente menores que os valores do TF, mas devido as poucas médias repetidas por animal e distância, as médias foram próximas, sugerindo que as várias médias fenotípicas de cada animal (medidas repetidas) são próximas entre si.

O número de animais não reprodutores é maior do que o número de indivíduos que transmitem seus genes para as próximas gerações. Isto acontece segundo Hartl e Clark (1989), porque nem todos os indivíduos têm a mesma possibilidade de deixar descendentes. Mas, os animais selecionadas para reprodutores foram significativamente mais lentos que os não reprodutores (Tabela 2). Indicando que o grupo de animais mais rápidos não está sendo selecionado para

reprodutor/a. e, mantendo a seleção de reprodutores no mesmo moldes dos atuais, o grupo de animais mais rápidos não serão selecionados para reprodução.

Os animais com somente uma corrida forneceram os maiores TF, logo os mais lentos (MV), sendo imediatamente descartados pelos seus treinadores e proprietários. Mas, não existem diferenças significativas para os fenótipos do TF, BT e MV dos animais mais rápidos a 1ª corrida, sugerindo que todos os animais devem realizar mais de uma corrida, para poderem ser avaliadas as suas capacidade fisiológicas como cavalos atletas, com somente o resultado de uma corrida, não pode ser motivo de descarte.

Os valores médios da característica MV, sugerem que podemos avaliar as velocidades dos animais conjuntamente nas distâncias 365 e 402 m e nas distâncias 301 e 320 m, visto que os animais conseguem alcançar idênticas velocidades nos dois conjuntos de distâncias referidos.

Na raça QM, arranques rápidos são importantes, porque nas curtas distâncias, torna-se difícil de recuperar, os melhores animais forneceram média de velocidades próximas a 70 km/h (Figura 4), e possibilidade de atingirem picos de velocidade superiores a 90 km/h (Nielsen et al 2006). O fato de a velocidade aumentar com a distância, indica que não existe fadiga nos animais (Buttram et al., 1988), os autores destacaram a importância de uma boa partida, considerando que o ritmo de corrida e o efeito do jockey tem menor importância, comparativamente as corridas da raça PSI em provas mais longas. O grupo de animais com tempos extremos são reduzidos (Figura 1, 2 e 3), efeitos não genéticos são a provável causa, como indicado por Buttram et al. (1988) nos QM norte-americanos, sugerindo que os animais com tempos extremos, independentemente se correram na norte ou sul do continente Americano, são possivelmente afetados por efeitos não genéticos comuns (i.e. lesões durante a prova, correr doente, efeitos ambiente inesperados).

Rentabilidade monetária

Na raça QM no Brasil, todas as corridas no início de cada ano esportivo, apresentaram prêmios monetários, mas se o número de animais inscritos for superior ao número de lugares existente nos *starting-gates*, que normalmente é máximo de 8 animais, são realizadas 2 semanas antes da competição final, corridas

classificatórias sem premiação, para determinar os 8 melhores animais a participar na final (JCS, 2019).

Ao contrário dos fenótipos derivados do tempo (Tabela 3), a característica RM não apresentou diferenças relevantes entre sexo (Tabela 3), mas diferenças significativas entre reprodutores e não reprodutores foram observados nos ganhões e matrizes. Os reprodutores apresentaram os melhores prêmios acumulados ao contrário do observado nas características derivadas do tempo (TF, BT e MV).

A principal impressão que os dados indicaram, é que possivelmente a seleção dos reprodutores foi realizada pelos animais que maiores valores da característica RM acumularam para os seus proprietários. Independentemente se os seus tempos finais e velocidades foram menores e maiores, respectivamente, vencer as provas que fornecem mais prêmios é o mais importante e que fica para a história. Quer isto dizer, que a população como um todo (tempo final, best time e melhor velocidade média) não está a evoluir, existe ausência de programas de seleção e melhoramento com o objetivo de diminuir os tempos finais e aumentar a velocidade, de corridas da raça QM.

As idades hípicas apresentadas na característica RM, foram quando os animais realizaram a 1ª corrida, seus resultados (Tabela 3), sugeriram que a característica RM monetária pode ser avaliada somente pelos prêmios acumulados aos dois anos de idade hípica. Ao contrário das características de performance derivadas do tempo (TF, BT e MV) os animais aos 4 anos de idade, apresentaram os menores valores da RM, indicando que os animais mais rápidos (Tabela 2) não acumularam os maiores prêmios monetários (Tabela 3). Os valores da característica RM por idade hípica, foram influenciados pelos prêmios distribuídos para corridas de distintas idades, foi observado que maiores prêmios eram distribuídos nos páreos destinado aos animais com 2 anos de idade hípica, logo receberam os maiores valores, mas as diferenças não foram significantes para as demais idades.

Longevidade esportiva e intervalo entre corridas

Apesar de não ser relatado nos resultados, foi observado que as médias LS dos tempos finais em corridas classificatórias foram inferiores as corridas da final, indicando que os animais foram significativamente mais rápidos em provas

classificatórias. O contrário era o esperado, visto que nas corridas da final estiveram os animais mais rápidos anteriormente. A provável causa, atuando como um efeito comum em todos os animais, foram os tempo de intervalo entre as corridas classificatórias e as corridas das finais, com somente duas semanas entre cada competição. Os animais dificilmente recuperam fisiologicamente em tão curto espaço de tempo, não sendo suficiente para os animais o intervalo utilizado atualmente entre as corridas classificatórias e as finais, deve ser alargado para um tempo que permita a recuperação fisiológica dos animais, sendo que, nunca deve ser um intervalo menor a quatro semanas.

A característica LE é considerada de grande importância para os proprietário de cavalos, no momento de comprar os animais atletas (Hennessy et al., 2008). A importância da LE está associada ao investimento que é realizado em cada animal e, a quantidade de tempo médio que o cavalo pode ser utilizado na sua principal atividade. Os valores médios observados na características LE (Tabela 4) indicaram reduzida utilização esportiva dos 5.861 animais e os valores da característica IC foram superiores as duas semanas de intervalo entre as provas classificatória e as finais, sugerindo desorientação no tempo de utilização dos animais em competição, perante os distintos valores. As diferenças entre sexo, reprodutores e não reprodutores, e classes idades hípicas (Tabela 4), indicaram que o IC influencia a LE dos animais, não somente pelo maior IC, mas porque permitiu maiores recuperações fisiológicas dos animais.

As causas dos diferentes valores de LE e IC são desconhecidos, sendo que, enquanto um cavalo estiver saudável ele vai competir, quer isto dizer, que supostamente a maioria dos animais de corridas de velocidade, terminaram a carreira devido a lesões. Na raça QM (Buttram et al., 1988), os autores sugerem que as melhores éguas das corridas de velocidade são retiradas para reprodução, ainda com capacidades físicas para se manter em competição. Mas o estudo (Buttram et al., 1988), foi realizado em animais que no momento da avaliação (até ano de 1986), não se realizavam reproduções por meio de inseminação artificial de embriões (IA). Mas nada pode ser afirmado, até que os proprietários registrem os motivos que levaram ao término das carreiras esportivas dos cavalos, indicando se foi voluntário

(para criação) ou involuntário (lesão ou outras) o término da carreira esportiva dos animais (Seierø et al., 2016).

5. Conclusão

A avaliação das características tempo final, best time e velocidade na última década, indicaram estagnação dos valores fenotípicos da população. Os reduzidos intervalos entre corridas não permitiram aos animais obterem elevadas longevidades esportiva, e consequentemente não apresentaram os seus melhores desempenhos. As informações fornecidas podem auxiliar na avaliação do desempenho dos animais, abastecendo de informações criadores, proprietários e treinadores, possibilitando direcionar os programas de seleção e treinamento, com base nas corridas de velocidade da raça QM no Brasil.

6. Referências

ABQM (2019) **Associação Brasileira de criadores do cavalo Quarto de Milha**. <<https://www.abqm.com.br/pt/conteudos/quarto-de-milha/quarto-de-milha-no-brasil>>. Acesso em: 3 ago. 2019

Bokor Á, Jónás D, Ducro B, Nagy I, Bokor J, Szabari M (2013) Pedigree analysis of the Hungarian Thoroughbred population. **Livestock Science** 151:1–10. DOI: 10.1016/j.livsci.2012.10.010

Bolwell CF, Rogers CW, Gee EK, Rosanowski SM (2016a) Descriptive statistics and the pattern of horse racing in New Zealand. 1. Thoroughbred racing. **Animal Production Science** 56:77. DOI: 10.1071/AN13442

Bolwell CF, Rogers CW, Gee EK, Rosanowski SM (2016b) Descriptive statistics and the pattern of horse racing in New Zealand. 2. Harness racing. **Animal Production Science** 56:82. DOI: 10.1071/AN13443

Buttram ST, Willham RL, Wilson DE, Heird JC (1988a) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: I. Description of the Data. **Journal of Animal Science** 66:2791–2799. DOI: 10.2527/jas1988.66112791x

Buttram ST, Wilson DE, Willham RL (1988b) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: III. Estimation of Variance Components. **Journal of Animal Science** 66:2808–2816. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1988.66112808x>

Clarke S (1977) Standard starts index. **Blood Horse**, p. 103.

Corrêa MJM, Mota MDS (2007) Genetic evaluation of performance traits in Brazilian Quarter Horse. **Journal of applied genetics** 48:145–151. DOI: 10.1007/BF03194672

Ekiz B, Kocak O (2005) Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 122:349–356. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2005.00544.x

Ekiz B, Koçak Ö, Demir H (2005) Estimates of genetic parameters for racing performances of Arabian horses. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences** 29:543–549.

Estes A (1948) Statistics on prominent sires, adjusted for changing dollar. **Blood Horse**, p. 52.

Faria RAS, Maiorano AM, Bernardes PA, Pereira GL, Silva MGB, Curi RA, Silva, JAIIV (2018) Assessment of pedigree information in the Quarter Horse: Population, breeding and genetic diversity. **Livestock Science** 214:135–141. DOI: 10.1016/j.livsci.2018.06.001

Faria RAS, Maiorano AM, Correia LECS, Santana Jr MS, Silva, JAIIV (2019) Time class for racing performance of the Quarter Horse: Genetic parameters and trends using Bayesian and multivariate threshold models. **Livestock Science** 225:116–122. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.05.013

FGV FGV (2019) **Índice Geral de Preço - Disponibilidade Interna, FGV**. <[https://portalibre.fgv.br/data/files/CA/95/DF/1D/E21DB61078ADFDA68904CBA8/IG P-DI JUN 19 complemento.xls](https://portalibre.fgv.br/data/files/CA/95/DF/1D/E21DB61078ADFDA68904CBA8/IG-P-DI%20JUN%2019%20complemento.xls)>. Acesso em: 7 jul. 2019

Hintz RL (1980) Genetics of Performance in the Horse. **Journal Animal Science** 51:582–594. DOI: 10.2134/jas1980.513582x

IBM (2018) **IBM SPSS Statistics** 25. Ibm. DOI: 10.1080/02331889108802322

Langlois B (1980) Heritability of racing ability in thoroughbreds -- A review. **Livestock Production Science** 7:591–605.

MAPA (2016) **Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. <http://www.agricultura.gov.br/>. Acesso em: 5 fev. 2019

Mota MDS, Abrahão AR, Oliveira HN (2005) Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbreds. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 122:393–399. DOI: 10.1111/j.1439-0388.2005.00551.x

Mota MDS, Oliveira HN, Silva RG (1998) Genetic and environmental factors that affect the best time of Thoroughbred horses in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 115:123–129. DOI: 10.1111/j.1439-0388.1998.tb00335.x

Nielsen BD, Turner KK, Ventura BA, Woodward AD, O'Connor CI (2006) Racing speeds of Quarter Horses, Thoroughbreds and Arabians. **Equine Veterinary Journal** 38:128–132. DOI: 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05528.x

Oki H, Sasaki Y, Willham RL (1994) Genetics of racing performance in the Japanese Thoroughbred horse: **Journal of Animal Breeding and Genetics** 111:128–137. DOI: 10.1111/j.1439-0388.1994.tb00446.x

Petersen JL, Mickelson JR, Cleary KD, McCue ME (2014) The american quarter horse: Population structure and relationship to the thoroughbred. **Journal of Heredity** 105:148–162. DOI: 10.1093/jhered/est079

Physick-Sheard PW (1986a) Career profile of the Canadian Standardbred. I. Influence of age, gait and sex upon chances of racing. **Canadian journal of veterinary research** 55:449–456.

Physick-Sheard PW (1986b) Career profile of the Canadian Standardbred. II. Influence of age, gait and sex upon number of races, money won and race times. **Canadian journal of veterinary research** 55:

Physick-Sheard PW, Russell M (1986) Career profile of the Canadian Standardbred. III. Influence of temporary absence from racing and season. **Canadian journal of veterinary research** 55:471–478.

Saastamoinen MT, Ojala MJ (1991) Estimates of Genetic and Phenotypic Parameters for Racing Performance in Young Trotters. **Acta Agriculturae Scandinavica**. DOI: 10.1080/00015129109439925

SAS (2011) **SAS/STAT 9.3**. SAS Institute Inc., Cary, NC 8640.

Sharman P, Wilson AJ (2015) Racehorses are getting faster. **Biology Letters** 11:20150310. DOI: 10.1098/rsbl.2015.0310

Silva APA, Curi RA, Langlois B, Silva JA V (2014) Genetic parameters for earnings in quarter horse. **Genetics and Molecular Research** 13:5840–5848. DOI: 10.4238/2014.August.1.2

Tanner J, Rogers C, Bolwell C, et al (2016) Analysis of Failure to Finish a Race in a Cohort of Thoroughbred Racehorses in New Zealand. **Animals** 6:36. DOI: 10.3390/ani6060036

Thiruvankadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S (2009a) Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. **Livestock Science** 121:308–326. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.07.009

Thiruvankadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S (2009b) Inheritance of racing performance of trotter horses: An overview. **Livestock Science** 124:163–181. DOI: 10.1016/j.livsci.2009.01.010

Tolley ES, Notter DR, Marlowe TJ (1985) A review of the inheritance of racing performance in horses. **Animal Breeding Abstracts** 53:163–185.

Villela LCV, Mota MDS, Oliveira HN (2002) Genetic parameters of racing performance traits of Quarter horses in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 119:229–234. DOI: 10.1046/j.1439-0388.2002.00338.x

Wilson DE, Willham RL, Buttram ST, Hoekstra JA, Lueckee GR (1988) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: IV. Evaluation Using a Reduced Animal Model with Repeated Records. **Journal Animal Science** 66:2817–2825. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1988.66112817x>

CAPÍTULO 3 – Análise de pedigree da linhagem de cavalos de corridas da raça Quarto de Milha

Resumo – Os objetivos do estudo foram avaliar a diversidade genética e fornecer informações sobre os principais ancestrais da linhagem de animais de corridas na raça Quarto de Milha (QM) no Brasil, por intermédio de análises de pedigree. Foram avaliados todos os cavalos que realizaram corridas de velocidade no Brasil entre os anos de 1978 a 2016, sendo observados 5.861 cavalos atletas (42,2% de machos), que nasceram entre os anos de 1972 e 2014, foram designados por população de corridas (Pc). Foram criadas 3 subpopulações da Pc para avaliar três décadas completas (84,5% da Pc), compostas por 1.712, 1.604 e 1.461 animais nascidos nas décadas de 1980 (sP80), 1990 (sP90) e 2000 (sP00), respetivamente. A qualidade do pedigree foi avaliada pelo número de gerações equivalentes conhecidas, com valores de 5,4 (Pc), 4,7 (sP80), 5,7 (sP90) e 6,3 (sP00) gerações, permitindo precisão das conclusões apresentadas. Os intervalos de geração foram elevados com valores de 13,2 (Garanhões-filhos/as) e 10,6 (Matrizes-filhos/as) anos (Pc). Os parâmetros do coeficiente de endogamia e parentesco foram de 0,95% e 1,84% (Pc) e de 1,60% e 2,56% (sP00), respetivamente. Na Pc e sP00, os valores do tamanho efetivo da população (N_e) calculados pelo ΔF_i foram de 215 e 144, e por geração foram de 68 e 41, respetivamente. Os valores da probabilidade de origem do gene por meio dos tamanhos efetivos dos fundadores (f_e), ancestrais (f_a) e genomas remanescentes (f_{ge}) foram de 192, 61 e 34, respetivamente (Pc), com perdas consideráveis de diversidade genética ao longo das décadas avaliadas. O número de animais ancestrais (fundadores ou não) que explicam a totalidade da diversidade genética é de 1.587 animais, considerado elevado, mas com somente 32 e 9 ancestrais é possível explicar 50% da diversidade genética da Pc e sP00, respetivamente. Os 10 principais ancestrais da sP00, explicaram 52,2% da diversidade genética total. A perda da diversidade genética e concentração em reduzido número de reprodutores denota falha dos programas de melhoramento e preservação da linhagem de corridas. Delineamento dos acasalamentos em conjunto com seleção dos reprodutores deve ser promovido, definindo metas para os cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil.

Palavras-Chave: ancestrais, diversidade genética, endogamia, intervalos de gerações, tamanho efetivo da população

Pedigree analysis of the racing Quarter Horse

Abstract – The aim of this study was to evaluate genetic diversity and provide information on the main ancestors in the Quarter Horse (QH) racing line in Brazil, through pedigree analysis. All horses that performed sprint races in Brazil between 1978 and 2016 were evaluated, and 5,861 athlete horses (42.2% males), born between 1972 and 2014, were designated by racing population (RP). Three subpopulations were created to evaluate three complete decades (84.5% of PR), consisting of 1,712; 1,604 and 1,461 animals born in the 1980s (sP80), 1990 (sP90) and 2000 (sP00), respectively. Pedigree quality was evaluated by the number of known equivalent generations, with values of 5.4 (RP), 4.7 (sP80), 5.7 (sP90) and 6.3 (sP00) generations, allowing precision of the conclusions presented. The generation intervals were high with values of 13.2 (Stallions) and 10.6 (Mares) years (RP). Inbreeding and relationship coefficient parameters were 0.95% and 1.84% (RP) and 1.60% and 2.56% (sP00), respectively. In Pc and sP00, the effective population size (N_e) values calculated by ΔF_i were 215 and 144, and per generation were 68 and 41, respectively. The probability of gene origin values through the effective sizes of the founders (f_e), ancestors (f_a) and remaining genomes (f_{ge}) were 192, 61 and 34, respectively (RP), with considerable losses of genetic diversity over the years of the decades evaluated. The number of ancestor animals (founders or not) that explain the entire genetic diversity is 1,587 animals, considered high, but with only 32 and 9 ancestors it is possible to explain 50% of the genetic diversity of PR and sP00, respectively. The top 10 ancestors of sP00 accounted for 52.2% of the total genetic diversity. The loss of genetic diversity and concentration in small number of breeders denotes failure of breeding programs and preservation of the racing line. Mating design in conjunction with breeding selection should be promoted by setting targets for Quarter Horse racehorses in Brazil.

Keywords: ancestry, effective population size, genetic diversity, inbreeding, generation intervals

1. Introdução

Os cavalos da raça Quarto de Milha (QM) são os equinos mais velozes a nível mundial nas competições de curta distância (Nielsen et al 2006), mais versáteis (Petersen et al 2014) e apresentam a maior população de equinos registrados do mundo (ABQM 2019). A raça QM apresenta três grupos (linhagens) de animais geneticamente distintos (Petersen et al., 2014), definidos com base nas capacidades de performance. Os *Stock horses* (cavalos de trabalho com gado/campo e provas *Western*), *Halter/pleasure horses* (cavalos de morfologia e lazer) e *Racing horses* (cavalos de corridas).

Estudos avaliando a diversidade genética e principais ancestrais na totalidade de animais da raça QM (considerando as três linhagens), por intermédio de dados genealógicos, foram realizados nos EUA (Tunnell et al., 1983) e Brasil (Faria et al., 2018a). Mas, nenhum destaque foi dado considerando cada linhagem, como apresentado por Marchiori et al. (2019 e Petersen et al. (2014).

As primeiras corridas de velocidade com cavalos da raça QM foram oficialmente realizadas no ano de 1941 nos USA e 1978 no Brasil. O valor total dos prêmios distribuídos entre os anos de 1978 a 2016 no Brasil, foi de 43.887.504,9 dólares americanos (USD), com média de prêmio por animal/corrída de 13.976,9 USD, valores atualizados em junho de 2019 (Faria e Silva, 2019). Os valores são expressivos e indicam indústria de cavalos rentável.

O monitoramento e avaliação da diversidade genética (Maignel et al 1996) e principais ancestrais (Boichard et al 1997) permitem o delineamento e o desenvolvimento de programas de melhoramento genético de cavalos atletas, considerando a preservação da diversidade genética. Estudo avaliando a estrutura populacional e identificando os ancestrais importantes, considerando somente a linhagem de corridas da raça QM, ainda não foi realizado e se faz importante.

Os objetivos do estudo foram avaliar a evolução da diversidade genética ao longo do tempo e descrever os principais ancestrais da linhagem de cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil.

2. Material e Métodos

2.1. Animais, (sub)populações, qualidade do pedigree e intervalo de gerações

Os dados de pedigree foram fornecidos pelo Jockey Club de Sorocaba (JCS), Associação Brasileira de criadores de cavalos da raça Quarto de Milha (ABQM) e complementados com ancestrais acessando o site www.allbreedpedigree.com, tornando a análise mais robusta e precisa. A partir dos 5.861 cavalos atletas com registros de corridas em páreos no Brasil (Pc, população de corridas), nascidos entre os anos de 1971 a 2014, foi montado com os ascendentes, arquivo de pedigree com 11.425 animais, nascidos desde 1747.

A partir do arquivo Pc foram avaliadas três subpopulações, representando as décadas de 1980 (sP80), 1990 (sP90) e 2000 (sP00), que incluíam 1.712, 1.604 e 1.461 animais, respetivamente. As subpopulações permitem análise dos animais que contribuíram ou podem contribuir para as gerações seguintes (Siderits et al 2013).

A qualidade do pedigree é representada pela média das gerações equivalentes conhecidas (GE) e foi calculada segundo Maignel et al. (1996). O intervalo de geração (IG) foi calculado considerando o nascimento dos pais quando as progênies reproduziram (James 1972), e apresentado por dois diferentes caminhos, Pai-filho/a e Mãe-filho/a.

2.2. Diversidade genética

Parâmetros da endogamia

O coeficiente de endogamia (F) individual foi calculado segundo Meuwissen e Luo (1992), e o coeficiente de parentesco (AR) individual médio como descrito por Gutiérrez e Goyache (2005). O aumento individual na endogamia (ΔF_i) foi calculado conforme González-Recio et al. (2007) e o tamanho efetivo da população (N_e) com base no ΔF_i e calculado como proposto por Cervantes et al. (2008). O valor do N_e por ΔF_i foi utilizado no cálculo da deriva genética. Adicionalmente, foi calculado o N_e com base no aumento de endogamia por geração (Wright 1965).

A estrutura genética da Pc e subpopulações foi avaliada por meio da estatísticas F de Wright (Wright 1965), e calculadas segundo Caballero e Toro (2000, 2002), permitindo avaliar as diferenças entre os arquivos gerados. Foram calculados os coeficientes de endogamia individual em relação ao total da população (F_{IT}), média

da endogamia da subpopulação em relação ao total da população (F_{ST}) e coeficiente de endogamia do indivíduo em relação à própria subpopulação (F_{IS}).

Número de fundadores, probabilidade de origem do gene e deriva genética

A probabilidade de origem do gene foi avaliada pelo número efetivo de fundadores (f_e) como indicado por Lacy (1989), pelo número efetivo de ancestrais (f_a) segundo Boichard et al. (1997) e, pelo número efetivo de genomas fundadores (f_{ge}), calculado segundo Caballero e Toro (2000).

A deriva genética representa a mudança aleatória nas frequências alélicas da população, que ocorre em ritmo acelerado quando a população sofre redução drástica em seu tamanho efetivo (Frankham 1996). A desigual participação dos ancestrais fundadores, presença do efeito gargalo e a perda de alelos fundadores entre gerações nas populações, podem ser observados se o valor das razões Nf (número de fundadores)/ f_e , f_e/f_a e f_{ge}/f_e , respectivamente, for diferente e distante de 1 (Boichard et al 1997).

Contribuições genéticas dos principais ancestrais e árvore genealógica

Os principais ancestrais (fundadores ou não) que explicaram a diversidade genética total das populações e suas contribuições genéticas marginais acumuladas foram calculadas segundo Boichard et al. (1997). As informações dos 10 principais ancestrais da Pc e sP00 são apresentadas, bem como suas contribuições genéticas marginais acumuladas. Árvore genealógica das relações dos principais ancestrais foi apresentada, permitindo observação visual do parentesco entre os animais.

A preparação dos dados, estatísticas do pedigree e árvore genealógica foram realizados nos programas SPSS25 (IBM 2018) e PedGraph (Garbe e Da, 2008). Os parâmetros da estrutura genética foram obtidos pelo programa ENDOG v4.8 (Gutiérrez e Goyache 2005).

3. Resultados

3.1. Animais, (sub)populações, qualidade do pedigree e intervalo de gerações

O número de cavalos com registros em corridas oficiais no Brasil (Tabela 1) apresenta diminuição nas últimas décadas, de 6,3% e 8,9% no número de animais da sP80 para sP90 e sP90 para sP00, respectivamente. A distribuição por sexo indica percentagem maior de fêmeas, mas com tendência de diminuição nas últimas três décadas (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo estatístico dos animais, qualidade do pedigree, intervalo de gerações, tamanho efetivo da população, estatísticas F de Wright, deriva genética, ancestrais e suas contribuições genéticas na (sub)população da linhagem de corridas da raça Quarto de Milha no Brasil

da raça Quanto de linha no Brasil

Itens	Total (Pc)	População de corrida subpopulações por década		
		sP80	sP90	sP00
Animais e qualidade do pedigree (número)				
Total	5.861	1.712	1.604	1.461
Machos	2.472	610	651	693
Fêmeas	3.389	1.102	953	768
GE, gerações equivalentes conhecidas	5,6 ± 1,2	4,9 ± 0,9	5,7 ± 0,8	6,3 ± 0,9
Intervalo gerações (anos)				
Garanhões – Filhos/as	13.2 ± 7.9	15.2 ± 9.2	12.6 ± 8.8	15.1 ± 6.5
Matrizes – Filhos/as	10.6 ± 7.5	12.3 ± 8.3	9.0 ± 7.9	11.4 ± 5.8
Ne, tamanho efetivo da população (número)				
Ne por ΔFi, aumento individual de endogamia	215	369	226	144
Ne por gerações	68	117	62	41
F de Wright (%)				
F _{IT}	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
F _{IS}	-0,24	-0,08	-0,10	-0,23
F _{ST}	0,23	0,06	0,09	0,22
Deriva genética (número)				
fe / Nf	0,08	0,11	0,10	0,10
fe / fa	3,15	2,38	3,27	4,27
fge / fe	0,18	0,26	0,17	0,14
Ancestrais (número)				
100% da diversidade genética	1.587	945	673	462
50% da diversidade genética	32	50	19	9
Contribuições genéticas marginais dos ancestrais mais influentes (%)				
10 ancestrais	32.8	26.8	38.0	52.2
100 ancestrais	67.0	61.5	76.2	86.5
500 ancestrais	88.6	90.3	97.9	a

F_{IT} , coeficientes de endogamia individual em relação ao total da população; F_{IS} , coeficiente de endogamia do indivíduo em relação à própria subpopulação; F_{ST} , média da endogamia da subpopulação em relação ao total da população; **fe**, número efetivo de fundadores; **fa**, número efetivo de ancestrais; **fga**, número efetivo de genomas fundadores; **a**, menos de 500 animais explicam a diversidade total da subpopulação (sP00).

Os valores das GE indicam qualidade de informações do pedigree superior a cinco gerações, com valor superior (6,3) na última geração (sP00). Os valores do IG foram elevados, superiores a 10 anos, em ambos os caminhos avaliados, houve diminuição na década de sP90, mas na última, sP00, apresenta aumento com valor superior à média geral. As matrizes apresentam valores do IG menores que os ganhões (Tabela 1).

Os valores do N_e calculados pelo ΔFi foram superiores aos N_e obtidos por gerações (Tabela 1), o maior valor foi observado na sP80 e o menor na sP00. O valor do N_e por geração na sP00 apresentou limite inferior ao indicado pela FAO/ONU (FAO, 1998).

3.2. Diversidade genética

Parâmetros da endogamia

Os coeficientes de F apresentam valores crescentes nas últimas décadas, com valor superior à média geral na década da sP00, a mesma tendência apresentada para AR e ΔFi (Figura 1). A diferença entre os valores destes parâmetros considerando todos os animais avaliados e somente com os animais com endogamia diferente de zero ($F \neq 0$), foi pequena, menores a 1%.

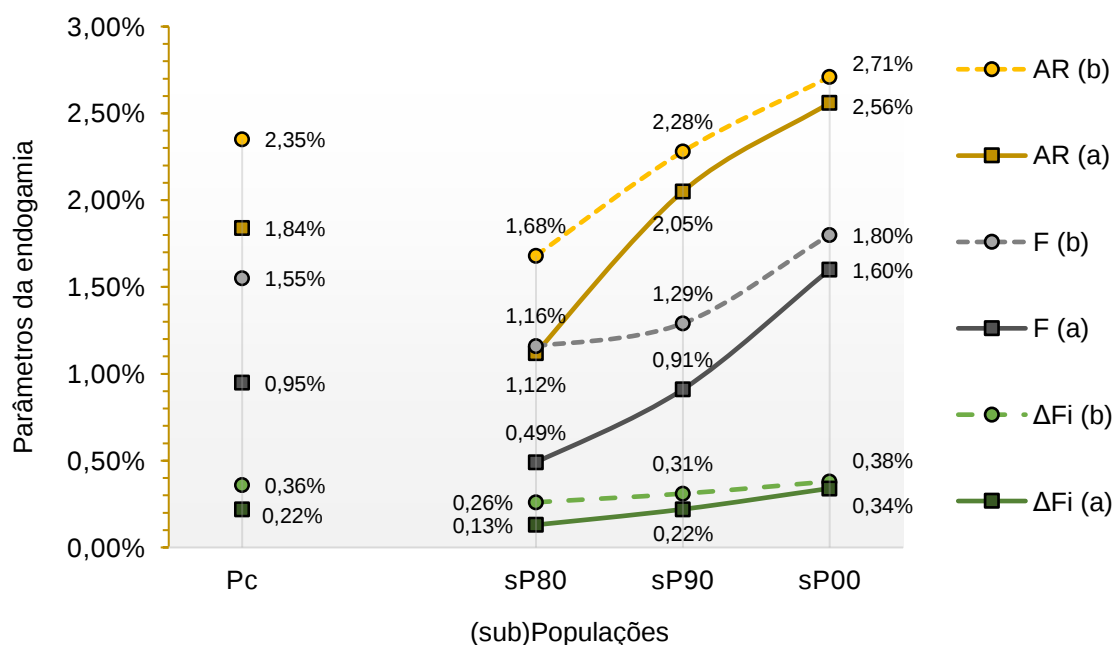


Figura 1. Parâmetros de endogamia da linhagem de animais da raça Quarto de Milha com performance em corridas de velocidade no Brasil. (AR, coeficiente médio de parentesco; F, Coeficiente de endogamia; ΔFi , aumento individual de endogamia; a, total de animais; b, animais com coeficiente de $F \neq 0$)

O número de animais com coeficiente de $F \neq 0$ aumentou consideravelmente nas duas últimas décadas avaliadas, passando de 36,6% na década de 1980 (sP80) para 70,4% na sP90 e na última década (sP00) para 88,8%, mas os valores do coeficiente de F mantiveram em níveis baixos. (Figura 1).

As diferenças genéticas pelo F de Wright, forneceram valores negativos para o F_{IS} e F_{IT} , sendo que os valores do F_{IT} foram próximos de zero, os valores para o F_{ST} foram positivos e iguais em todas as subpopulações (Tabela 1).

Número de fundadores, probabilidade de origem do gene e deriva genética

O N_f foi elevado na RP, com perda considerável no decorrer das três últimas décadas. Os valores da probabilidade de origem do gene pelo f_e , f_a e f_{ge} também apresentaram diminuição, os menores valores foram observados na última década (sP00) (Figura 2).

A deriva genética calculada por meio dos valores da probabilidade de origem do gene e do número de fundadores, pelas razões f_e/N_f , f_a/f_e e f_{ge}/f_e , forneceram resultados distantes de 1 (valor ideal), os valores mais próximos da unidade foram observados na sP80 (Tabela 1).

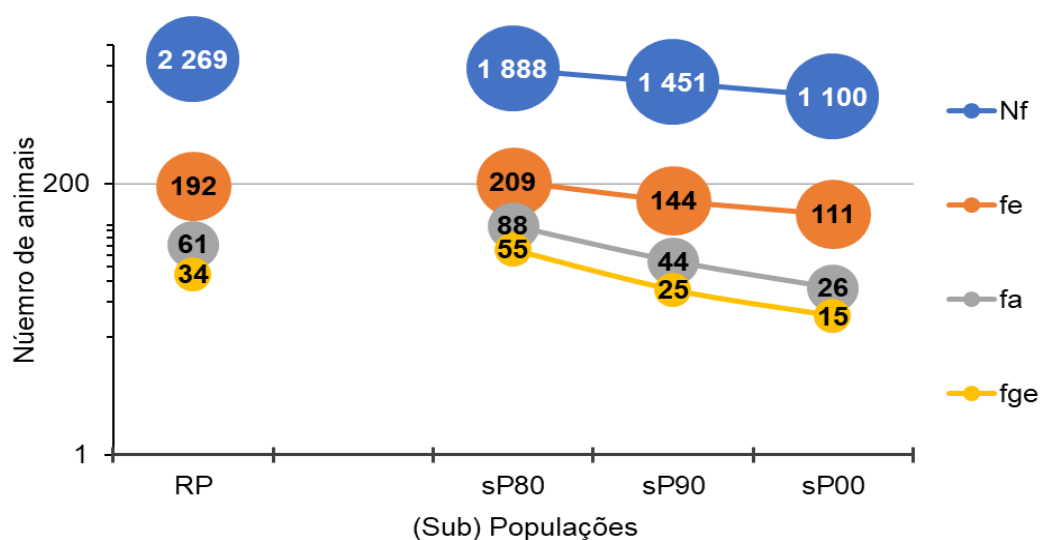


Figura 2. Valores da probabilidade de origem do gene e número de fundadores da linhagem de animais da raça Quarto de Milha com performance em corridas de velocidade no Brasil. (**N_f** , número de fundadores; **f_e** , número efetivo de fundadores; **f_a** , número efetivo de ancestrais; **f_{ge}** , número efetivo de genomas fundadores. Gráfico em escala no eixo Y).

Contribuições genética dos principais ancestrais e árvore genealógica

O número de animais ancestrais (fundadores ou não) explicando a totalidade (100%) da diversidade genética do grupo de corridas da Pc, sP80, sP90 e sP00, representaram 69,9%, 50,1%, 46,4% e 42,0%, respectivamente, do total do Nf (Figura 2). Na última década (sP00), com somente 1,9% de ancestrais explica-se 50% da diversidade genética dos cavalos de corrida da raça QM no Brasil (Tabela 1).

As contribuições genéticas marginais acumuladas dos dez principais ancestrais foram elevadas (Tabela 2), aumentando consideravelmente na última década avaliada (sP00). Foram observadas duas alterações entre os 10 principais ancestrais da sP00 em comparação com a Pc, com a entrada dos ancestrais Apollo VM e Little Smoothie e a saída de Top Deck e Lady's Moon. Os três principais ancestrais elevaram a sua participação em 4,06% (Dash for Cash); 2,92% (Easy Jet) e 2,79% (Beduino), na sP00 (Tabela 2).

Tabela 2. Principais ancestrais da linhagem de animais da raça Quarto de Milha com performance em corridas de velocidade no Brasil, com indicação do nome, sexo, ano e país de nascimento, raça, número de progênies, número de gerações equivalentes (GE) e contribuições genéticas marginais acumuladas dos 10 principais ancestrais da população total de corridas (Pc) e subpopulação recente (sP00)

Animal	Sexo	Nascimentos		Raça	Número progênies	GE	Contribuições genéticas marginais			
		Ano	País				a	Pc	b	sP00
Dash for Cash	♂	1973	USA	½QM	57	6,1	1	7,04%	1	11,10%
Easy Jet	♂	1967	USA	½QM	90	5,0	2	6,28%	2	9,20%
Beduino	♂	1968	MEX	PSI	22	3,5	3	3,75%	3	6,56%
Three Bars	♂	1940	USA	PSI	44	3,9	4	3,22%	10	2,45%
Signed to Fly	♂	1988	USA	QM	355	5,3	5	2,92%	4	6,28%
Top Deck	♂	1945	USA	PSI	18	3,9	6	2,26%	-	c
First Prize Rose	♀	1976	USA	QM	1	5,1	7	2,04%	6	4,25%
Streakin Six	♂	1977	USA	QM	32	5,2	8	1,86%	7	3,03%
Lady's Moon	♂	1972	USA	QM	145	5,4	9	1,85%	-	c
Blazen Bryan	♂	1993	CAN	QM	164	5,1	10	1,61%	5	4,79%
Apollo VM	♂	1988	BRA	QM	190	6,1	-	c	8	2,90%
Little Smoothie	♀	1973	USA	QM	3	5,0	-	c	9	2,54%
All	-	-	-	33,33%d	93e	5,0e	-	32,83%f	-	53,10%g

a, ordem de contribuição genética marginal acumulada na PC; **b**, ordem de contribuição genética marginal acumulada na sP00; **c**, não surgem no grupo dos 10 principais ancestrais; ♂, macho; ♀, fêmea; **USA**, Estados Unidos da América, **MEX**, México; **CAN**, Canada; ½ **QM**, ancestral com um dos pais de raça Puro sangue Inglês e outro da raça Quarto de Milha; **PSI**, ancestral da raça Puro sangue Inglês; **QM**, ancestral já reconhecido como da raça Quarto de Milha. **d**, percentagem de animais da raça Puro sangue Inglês. **e**, média dos doze ancestrais. **f**, soma dos dez ancestrais da Pc; **g**, soma dos dez ancestrais da sP00.

O número total de progênes dos principais ancestrais é igual a 1.125 animais (Tabela 2). Deste grupo de progênes, foi observado que 75,9% foram atletas de corridas de velocidade no Brasil, filhos dos ancestrais (número de progênes atletas): Easy Jet (3); Dash for Cash (9); Lady's Moon (136); Streakin Six (20); Apollo VM (178); Signed to Fly (342); Blazen Bryan (156) e Little Smoothie (1). O valor médio da qualidade do pedigree (GE) dos principais ancestrais foi igual a 5,0 gerações (Tabela 2) e variaram de 3,5 a 6,1 gerações, os menores e únicos valores de GE inferiores a 5,0 gerações pertenceram aos três animais Puro Sangue Inglês (Three Bars, Beduino e Top Deck).

Os valores de parentescos entre os 10 principais ancestrais da Pc e os 10 ancestrais da sP00, contabilizou 12 ancestrais, visto que 8 são os mesmos animais. Dos 66 possíveis resultados individuais do coeficiente de AR entre os 12 ancestrais, foram observados 25 valores do AR superiores a 5,00% (Tabela 3), o valor máximo foi de 31,35% (Tabela 3).

Tabela 3. Grau de parentesco (%) entre os principais ancestrais da Pc e da sP00 na linhagem de corridas da raça QM no Brasil

Ancestrais	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
A=Dash for Cash	-	4,99	0,00a	13,48	2,81	6,25	0,81	2,08	1,65	0,45	26,25	7,25
B=Easy Jet	-	-	0,00a	31,25	26,56	12,50	13,28	25,90	6,64	0,98	27,04	10,40
C=Beduino	-	-	-	0,00a	0,00a	0,00	0,00a	0,00a	0,00a	25,00	0,00a	0,00a
D=Three Bars	-	-	-	-	7,81	0,00a	3,13	8,20	9,38	3,13	11,18	13,28
E=Signed to Fly	-	-	-	-	-	9,38	3,71	6,67	2,05	0,24	7,35	3,38
F=Top Deck	-	-	-	-	-	-	6,25	3,13	6,25	0,00a	4,69	12,50
G=First Prize Rose	-	-	-	-	-	-	-	3,34	3,34	0,10	3,53	3,54
H=Streakin Six	-	-	-	-	-	-	-	-	1,70	0,26	13,25	2,65
I=Lady's Moon	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,29	2,07	4,37
J=Blazen Bryan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,36	0,44
K=Apollo VM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,41
L=Little Smoothie	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

a, o valor do AR é igual a 0,00 no entanto existem ancestrais comuns longínquos entre os animais.

Por meio do desenho de uma árvore genealógica (Figura Suplementar 1), foi possível verificar o relacionamento dos principais ancestrais da Pc e da sP00 (Tabelas 3). Descrição incluindo mais 39 ancestrais, progênes que se tornaram reprodutores, demonstram a ligação genética com os principais ancestrais.

4. Discussão

4.1. Animais, (sub)populações, qualidade do pedigree e intervalo de gerações

A percentagem maior de fêmeas nos páreos é também descrita em cavalos Puro Sangue Inglês (Mota et al 1998; Mota et al 2005) e Puro Sangue Árabe (Ekiz e Kocak, 2005), bem como na raça QM (Buttram et al., 1988; Corrêa e Mota, 2007; Silva et al., 2014). O menor número de machos não ocorre pelo menor número de nascimentos, mas ao fato de não registrar todos os machos nascidos. Esta opção dos criadores está relacionada a critérios de seleção menos permissíveis nos futuros garanhões. Nas fêmeas, ocorre ausência de critérios na seleção e necessidade para reprodução, favorecendo o registro, além do uso como receptoras de embriões, atividade realizada no Brasil desde 1987 (Fleury et al 1989). O aumento da percentagem de machos na SP00, possivelmente foi devido a inscrição online do registro, com posterior envio da confirmação da paternidade, ocasionando menores despesas.

As informações da qualidade do pedigree (GE) apresentaram bons valores (Tabela 1), permitindo acurácia nos resultados do presente estudo. Na literatura, valores inferiores de GE foram observados nas raças Brasileiro de Hipismo e Crioulo com 1,72 (Medeiros et al 2014) e 3,51 gerações (Maciel et al 2014), respectivamente. Com valor de GE próximo na raça Puro-sangue Lusitano e Maremmano, ambos com valores iguais a 5,7 gerações (Faria et al., 2018b; Giontella et al., 2019). Valores de GE superiores foram apresentados nas raças Old Kladruber e Puro Sangue Árabe turco com 15,1 (Vostrá-Vydrová et al 2016) e 7,8 gerações (Duru 2017), respectivamente. As informações de estudos com valores de GE inferiores a quatro gerações apresentaram inconsistência dos parâmetros populacionais. A qualidade do pedigree é importante na determinação dos resultados, influenciando o valor do efeito de depressão endogâmica, gargalo genético e diversidade genética.

Longos IG são comuns em equinos, na raça QM nos EUA (Petersen et al 2014) obtiveram valor de 10,5 anos (total de animais) e 9,9 anos (linhagem de corrida) e no Brasil (Faria et al 2018) descreveram valor de 10,8 anos (total de animais). Na raça Puro Sangue Inglês, valor do IG igual a 7,1 anos (linhagem de corrida) foi descrito por Taveira et al., 2004. O elevado valor do IG, principalmente dos garanhões (Tabela 1) ocasiona menor ganho genético. A diferença do IG entre garanhões e matrizes

(Tabela 1), além da permanência maior dos machos, ocorre pelo armazenamento do sêmen pós-morte. Os elevados desvios padrão do IG (Tabela 1) sugerem que alguns criadores utilizam animais mais novos na reprodução. O IG é monitorado pelos programas de melhoramento com intuito de reduzir seu valor e obter maior ganho genético, este objetivo pode ser alcançado pela utilização de reprodutores mais jovens e mantidos por menor tempo.

4.2. Diversidade genética

Parâmetros da endogamia

Os valores dos parâmetros de endogamia (Tabela 1) foram reduzidos e próximos aos observados na literatura em animais QM. Nos EUA, Tunnell et al. (1983), descreveram coeficientes de F variando de 1,3% a 2,6% e Petersen et al. (2014) valor igual ao obtido na sP00 de 1,6%. No Brasil (Faria et al 2018), considerando todas as linhagens relataram valores de 1,1% a 1,6% (F) e de 1,0% a 1,2% (AR).

O fato dos criadores da raça QM manterem valores do F e AR reduzidos, não se deve ao controle intencional, mas ao elevado número de animais. Esta afirmação é possível constatando o elevado percentual de animais com $F \neq 0$ (88,8% na sP00) e pelo coeficiente de F possuir valor maior que o dobro do AR (Figura 1). O aumento do F e do número de animais com $F \neq 0$ na última geração (sP00) estudada, sugere possibilidade de os animais serem todos aparentados dentro de uma década, com agravamento do valor da endogamia.

Avaliando conjuntamente as linhagens do QM no Brasil, Faria et al. (2018a) obtiveram N_e por ΔF_i igual a 167. Apesar do presente estudo obter valor próximo (Tabela 1), se verifica diminuição do valor de N_e na linhagem de corrida, indicando estrutura genética diferente da totalidade da raça QM. Isto se deve a transição de distintos genes em cada linhagem, com menor fluxo gênico na população de corrida e consequentemente menor diversidade genética. Este resultado concorda com o estudo genômico de MARCHIORI et al. (2019), avaliando duas linhagens, de corrida e de trabalho, obtendo valores de N_e iguais a 50 e 60, respectivamente.

O valor do N_e por geração inferior a 50 animais na sP00 (Tabela 1), indica perda da diversidade genética, segundo a FAO/ONU (FAO 1998) valor de N_e inferior a 50

ultrapassa o limite mínimo de evitar a depressão por endogamia. Em estudos com cavalos atletas, Espanhol de Esporte – CDE (Bartolomé et al., 2011) e Holstein (Roos et al 2015), foram obtidos valores de N_e por ΔF_i iguais a 226 e 55 animais, respectivamente. Entretanto, diferenças da população avaliada com outras raças são reflexo do número de animais, dados de pedigree e dos valores da probabilidade de origem gene.

Os valores negativos do F_{IS} e F_{IT} (Tabela 1) demonstram uso de acasalamento por endogamia considerando o pedigree como parte dos animais de corrida. A diminuição do valor do F_{IS} nas três últimas décadas confirmam o aumento de animais com $F \neq 0$ (Figura 2), indicando menor conscientização dos criadores. O uso excessivo de determinados reprodutores é visível, considerando a reduzida diferença entre os valores do F_{ST} nas subpopulações (Tabela 1), sugerindo compartilhamento de genes de ancestrais remanescentes comuns entre as subpopulações (Cervantes et al 2008). O menor compartilhamento entre os animais da sP90 e sP00 indica diminuição no número de reprodutores, devido principalmente a intensificação das biotecnologias de reprodução.

Número de fundadores, probabilidade de origem do gene e deriva genética

No presente estudo os valores decrescentes do N_f , para f_e , para f_a e para f_{ge} em todas as subpopulações (Figura 3), indicam uso preponderante de determinadas linhagens de ancestrais (fundadores ou não). A diferença entre o N_f e o f_e sugere contribuições distintas dos fundadores na Pc e nas subpopulações avaliadas. Os valores de f_a , indicam que reduzido número de ancestrais é responsável por grande parte da diversidade genética com perdas acentuadas na sP00 (Figura 2). Os reduzidos valores do f_{ge} , indicam elevada perda de alelos dos fundadores.

Os valores da probabilidade de origem do gene do presente estudo (Figura 3) estão mais próximos da população da raça Puro Sangue Inglês (Schubertová et al., 2014), onde foram obtidos os valores de 949, 202 e 67, para f_e , f_a e f_{ge} , respectivamente, do que no estudo de Faria et al. (2018a), incluindo todas as linhagens do QM, indicando que parte dos ancestrais dos animais avaliados são ou

têm seus ascendentes animais da raça Puro Sangue Inglês, indicando a grande influência desta raça na linhagem de corridas do QM.

Nas últimas décadas (subpopulações avaliadas) se verifica redução do tamanho efetivo (N_e), com efeito na deriva genética e resultando em perda dos alelos fundadores, diminuição da variabilidade genética e demonstrando contribuições desiguais dos fundadores (Tabela1).

O valor da deriva genética (f_e/N_f) semelhante ao presente estudo foram descritos na raça Old Kladruber (Vostrá-Vydrová et al 2016), Puro Sangue Árabe (Duru 2017) e American Shire (Stephens e Splan 2013), cujos valores foram 0,09, 0,11 e 0,12, respectivamente, indicam falta de preservação da origem genética, com perdas de ligações e contribuições desiguais dos fundadores, pois o ideal seria ter valor próximo a 1 (um). As perdas de alelos fundadores entre as gerações (f_{ge}/f_e), foi observado no presente estudo e nas raças Holstein, Old Kladruber e QM (Roos et al., 2015; Vostrá-Vydrová et al., 2016; Faria et al., 2018a). Os efeitos de gargalo genético (f_e/f_a) foram igualmente observados em outras raças como Lusitana, American Shire e QM (Vicente et al. 2012; Stephens e Splan, 2013 ; Faria et al., 2018a), indicando o uso de reduzido número de reprodutores.

Monitoramentos regulares devem ser realizados pela ABQM e seus criadores evitando aumentos nos parâmetros de endogamia que influenciam diretamente o N_e , dificultando a perda da diversidade genética.

Contribuições genética dos principais ancestrais e árvore genealógica

As contribuições genéticas marginais acumuladas dos principais ancestrais (Tabela 2) apresentam pequeno número de animais responsáveis pela diversidade genética dos animais. Os seis principais ancestrais são Dash for Cash, Easy Jet, Beduino, Three Bars, Signed to Fly e Top Deck, que também estão presentes no trabalho que estudou todas as linhagens (Faria et al 2018), indicando influência nos diferentes propósitos, ou seja, estes garanhões fornecem aparentemente genética as progênes nas distintas linhagens da raça QM.

Os ancestrais Three Bars e Top Deck também surgem no estudo de Tunnell et al. (1983), como cavalos de elite em corridas de velocidade e estão também entre os

animais com maior contribuição na população. O garanhão Dash for Cash surge na linhagem de corridas em Petersen et al. (2014), como responsável por 6,0% da diversidade genética, e no presente estudo com 11,0% na última década, indicando existência de origem antiga e recente nos animais de corridas QM.

Apesar dos estudos (Tunnell et al 1983; Petersen et al 2014; Faria et al 2018; Marchiori et al 2019) apresentarem perda da diversidade genética no QM, incluindo o presente estudo, o elevado número de animais da raça QM (mais de 2 milhões de registros nos EUA, somado mais meio milhão na ABQM e aos demais espalhados pelo mundo) permite trabalho de recuperação da diversidade genética.

A árvore genealógica (Figura S1) formada a partir dos principais ancestrais (Tabela 3) finaliza na última década envolvendo mais 39 reprodutores, sinalizando o parentesco existentes entre os animais. Desta forma, estudos devem ser desenvolvidos em conjunto, American Quarter Horse Association e ABQM e demais associações, com o objetivo de identificar diferentes fundadores, com critérios de seleção desejáveis para corrida.

5. Conclusão

Os criadores possuem pouco controle dos intervalos de geração, ocasionando pequeno ganho genético dos cavalos atletas. A perda da diversidade genética e concentração em reduzido número de reprodutores denota falha dos programas de melhoramento e preservação da linhagem de corridas. O elevado número de animais no continente Norte Americano, com fundadores distintos aos da linhagem brasileira, indica possível solução da diversidade genética. Delineamento dos acasalamentos em conjunto com seleção dos reprodutores deve ser promovido, definindo metas para os cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil.

6. Referências

ABQM (2019) Associação Brasileira de criadores do cavalo Quarto de Milha. <https://www.abqm.com.br/pt/conteudos/quarto-de-milha/quarto-de-milha-no-brasil>. Acesso em: 3 ago. 2019

Bartolomé E, Cervantes I, Valera M, Gutiérrez JP (2011) Influence of foreign breeds on the genetic structure of the Spanish Sport Horse population. **Livestock Science** 142:70–79. doi: 10.1016/j.livsci.2011.06.021

Boichard D, Maignel L, Verrier É (1997) The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. **Genetics, selection, evolution : GSE** 29:5–23. doi: 10.1186/1297-9686-29-1-5

Buttram ST, Willham RL, Wilson DE, Heird JC (1988) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: I. Description of the Data. **Journal of Animal Science** 66:2791. doi: 10.2527/jas1988.66112791x

Caballero A, Toro M (2000) Interrelations between effective population size and other pedigree tools for the management of conserved populations. **Genetical research** 75:331–343. doi: 10.1017/S0016672399004449

Caballero A, Toro M a. (2002) Analysis of genetic diversity for the management of conserved subdivided populations. **Conservation Genetics** 3:289–299. doi: 10.1023/A:1019956205473

Cervantes I, Goyache F, Molina a., et al (2008) Application of individual increase in inbreeding to estimate realized effective sizes from real pedigrees. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 125:301–310. doi: 10.1111/j.1439-0388.2008.00755.x

Corrêa MJM, Mota MDS (2007) Genetic evaluation of performance traits in Brazilian Quarter Horse. **Journal of applied genetics** 48:145–151. doi: 10.1007/BF03194672

Duru S (2017) Pedigree analysis of the Turkish Arab horse population: Structure, inbreeding and genetic variability. **Animal** 11:1449–1456. doi: 10.1017/S175173111700009X

Ekiz B, Kocak O (2005) Phenotypic and genetic parameter estimates for racing traits of Arabian horses in Turkey. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 122:349–356. doi: 10.1111/j.1439-0388.2005.00544.x

FAO (1998) Secondary guidelines for development of national farm animal genetic resources management plans: management of small populations at risk. Roma, Italy

Faria RAS, Maiorano AM, Bernardes PA, Pereira GL, Silva MGB, Curi RA, Silva, JAIIV (2018) Assessment of pedigree information in the Quarter Horse: Population, breeding and genetic diversity. **Livestock Science** 214:135–141. doi: 10.1016/j.livsci.2018.06.001

Fleury JJ, Neto JBFC, Alvarenga MA (1989) Results from an embryo transfer programme with Mangalarga mares in Brazil. **Equine Veterinary Journal** 21:73–74. doi: 10.1111/j.2042-3306.1989.tb04680.x

Frankham R (1996) Introduction to quantitative genetics (4th edn). Trends in Genetics 12:280. doi: 10.1016/0168-9525(96)81458-2

Garbe JR, Da Y (2008) Pedigraph: A Software Tool for the Graphing and Analysis of Large Complex Pedigree. User manual Version 2.4. Dep. Anim. Sci.

Giontella A, Pieramati C, Silvestrelli M, Sarti FM (2019) Analysis of founders and performance test effects on an autochthonous horse population through pedigree analysis: **Structure, genetic variability and inbreeding**. Animal. doi: 10.1017/S1751731118001180

González-Recio O, López de Maturana E, Gutiérrez JP (2007) Inbreeding Depression on Female Fertility and Calving Ease in Spanish Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**. doi: 10.3168/jds.2007-0203

Goyache F, Gutiérrez JP, Fernández I, Gomez E, Alvarez I, Díez J, Royo LJ (2003) Using pedigree information to monitor genetic variability of endangered populations: The Xalda sheep breed of Asturias as an example. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 120:95–105. doi: 10.1046/j.1439-0388.2003.00378.x

Gutiérrez JP, Altarriba J, Díaz C, Quintanilla R, Cañón J, Piedrafita J (2003) Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. **Genetics Selection Evolution** 35:43–63. doi: 10.1051/gse

Gutiérrez JP, Goyache F (2005) A note on ENDOG: A computer program for analysing pedigree information. Journal of Animal Breeding and Genetics. doi: 10.1111/j.1439-0388.2005.00512.x

IBM (2018) IBM SPSS Statistics 25. Ibm. doi: 10.1080/02331889108802322

James JW (1972) Computation of genetic contributions from pedigrees. **TAG. Theoretical and applied genetics**. 42:272–3. doi: 10.1007/BF00277555

Lacy RC (1989) Analysis of founder representation in pedigrees - founder equivalents and founder genome equivalents. **Zoo Biology** 8:111–123. doi: 10.1002/zoo.1430080203

Maciel FC, Bertoli CD, Braccini Neto J, et al (2014) Population structure and genealogical analysis of the Brazilian Crioula Horse. **Animal Genetic Resources/Ressources génétiques animales/Recursos genéticos animales**. doi: 10.1017/s2078633613000489

Maignel L, Boichard D, Verrier E (1996) Genetic Variability of French Dairy Breeds Estimated From Pedigree Information. Interbull Bull. p 48–56

Marchiori CM, Pereira GL, Maiorano AM, Rogatto GM, Assoni AD, Silva, JAIIV, Chardulo LAL, Curi, RA (2019) Linkage disequilibrium and population structure characterization in the cutting and racing lines of Quarter Horses bred in Brazil. **Livestock Science** 219:45–51. doi: 10.1016/j.livsci.2018.11.013

Medeiros BR, Bertoli CD, Garbade P, McManus CM (2014) Brazilian Sport Horse: pedigree analysis of the Brasileiro de Hipismo breed. **Italian Journal of Animal Science** 13:657–664. doi: 10.4081/ijas.2014.3146

Meuwissen the, Luo Z (1992) Computing inbreeding coefficients in large populations. **Genetics, selection, evolution: GSE** 24:305–313. doi: 10.1186/1297-9686-24-4-305

Mota MDS, Abrahão AR, Oliveira HN (2005) Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbreds. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 122:393–399. doi: 10.1111/j.1439-0388.2005.00551.x

Mota MDS, Oliveira HN, Silva RG (1998) Genetic and environmental factors that affect the best time of Thoroughbred horses in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 115:123–129. doi: 10.1111/j.1439-0388.1998.tb00335.x

Nielsen BD, Turner KK, Ventura BA, Woodward AD, O'Connor CI (2006) Racing speeds of Quarter Horses, Thoroughbreds and Arabians. **Equine Veterinary Journal** 38:128–132. doi: 10.1111/j.2042-3306.2006.tb05528.x

Petersen JL, Mickelson JR, Cleary KD, McCue ME (2014) The american quarter horse: Population structure and relationship to the thoroughbred. **Journal of Heredity** 105:148–162. doi: 10.1093/jhered/est079

Roos L, Hinrichs D, Nissen T, Krieter J (2015) Investigations into genetic variability in Holstein horse breed using pedigree data. **Livestock Science** 177:25–32. doi: 10.1016/j.livsci.2015.04.013

Schubertová Z, Kadlečík O, Candrák J, Kasarda R (2014) Pedigree analysis of Thoroughbred horses in Slovakia. **Acta fytotechnica et zootechnica** 17:122–126. doi: 10.15414/afz.2014.17.04.122-126

Siderits M, Baumung R, Fuerst-Waltl B (2013) Pedigree analysis in the German Paint Horse: Genetic variability and the influence of pedigree quality. **Livestock Science** 151:152–157. doi: 10.1016/j.livsci.2012.10.018

Silva APA, Curi RA, Langlois B, Silva JA V (2014) Genetic parameters for earnings in quarter horse. **Genetics and Molecular Research** 13:5840–5848. doi: 10.4238/2014.August.1.2

Stephens TD, Splan RK (2013) Genetic variability of the American Shire Horse via pedigree analysis. **Journal of Equine Veterinary Science** doi: 10.1016/j.jevs.2013.03.029

Taveira RZ, Mota MDS, Oliveira HN (2004) Population parameters in Brazilian Thoroughbred. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 121:384–391. doi: 10.1111/j.1439-0388.2004.00472.x

Tunnell JA, Sanders JO, Williams JD, Potter GD (1983) Pedigree analysis of four decades of Quarter Horse breeding. **Journal of animal science** 57:585–593.

Vostrá-Vydrová H, Vostrý L, Hofmanová B, Krupa E, Zavalilová L (2016) Pedigree analysis of the endangered Old Kladruher horse population. **Livestock Science** 185:17–23. doi: 10.1016/j.livsci.2016.01.001

Wright S (1965) The Interpretation of Population Structure by F-Statistics with Special Regard to Systems of Mating Author (s): Sewall Wright Reviewed work (s): Published by : Society for the Study of Evolution Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2406450> . Evolution 19:395–420.

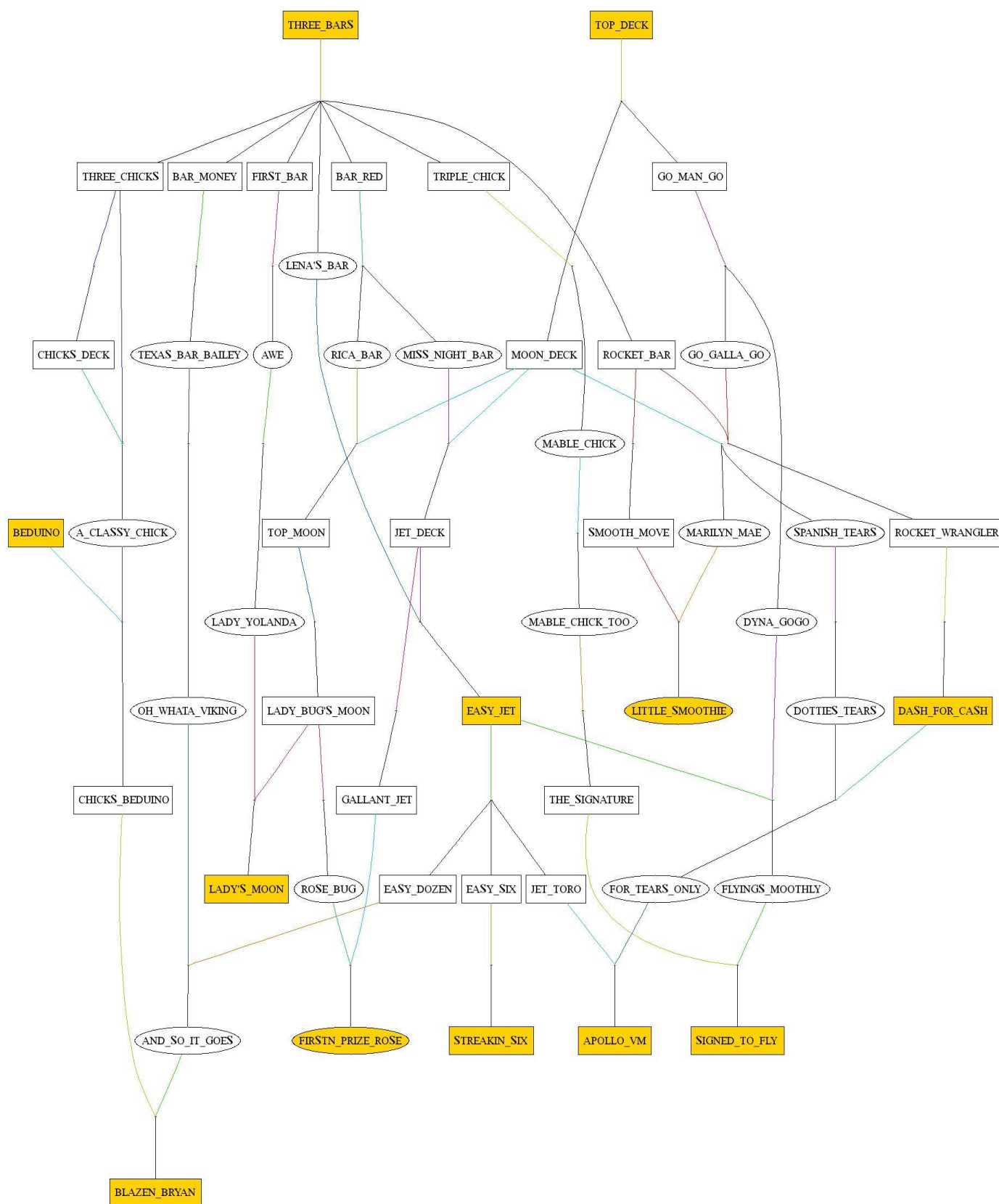


Figura Suplementar S1. Árvore genealógica (parcial) do relacionamento dos principais ancestrais (Pc e sP00) na linhagem de corridas da raça QM no Brasil.

CAPÍTULO 4 – Parâmetros e tendências genéticos de característica de desempenho em corrida de cavalos da raça Quarto de Milha

Resumo— Os objetivos do estudo foram avaliar o desempenho dos cavalos da raça Quarto de Milha (QM) em corridas de velocidade no Brasil, por meio das estimativas dos parâmetros e tendências genéticas das características rentabilidade monetária aos dois anos de idade hípica (RM2), melhor tempo final (BT) e classe de tempo (CT) nas distâncias 301 m (BT301 e CT301) e 402 m (BT402 e CT402). De um total de 23.482 registros de corridas de velocidade fornecidos pelo Jockey Clube de Sorocaba (JCS), foram utilizados 1.900 (RM2), 3.365 (BT301) e 3.318 (BT402) registros de medidas únicas e 6.579 (CT301) e 7.423 (CT402) registros com medidas repetidas. Os dados foram obtidos no período de 38 anos hípicas (1978 a 2015). Análises uni e bi característica, foram realizadas por meio de inferência bayesiana para obtenção das estimativas dos parâmetros genéticos. As estimativas das herdabilidades obtidas nas uni características foram de baixa a moderada magnitude, variando de $0,10 \pm 0,04$ (RM2) a $0,37 \pm 0,03$ (CT301). O valor da repetibilidade de CT301 e CT402 foram de 0,31 e 0,32 respectivamente. Os valores das herdabilidades nas bi características foram superiores as uni características, apresentaram resultados de moderados a altos, variando de $0,15 \pm 0,05$ (RM2 com CT301) a $0,76 \pm 0,12$ (BT402 com RM2). As correlações genéticas aditivas, residuais e fenotípicas, apresentaram estimativas altas, baixas e moderadas, respectivamente, positivas entre a característica RM2 com as características CT e negativas (o pretendido) entre a RM2 e as características BT. As tendências genéticas observadas apresentaram melhorias ao longo do tempo em todas as características avaliadas, mas, avaliando os últimos dez anos hípicas (2006 a 2015), foram observadas tendências negativas (perda genética) e próximas de zero (estagnação genética). O estudo indicou que a característica RM2 apresenta melhores resultados, quando utilizada na avaliação associada as demais características, sendo que, com a característica BT402, as informações genéticas foram superiores. Sugerindo que, as características avaliadas devem ser incluídas conjuntamente nos programas de seleção de reprodutores, para a criação de cavalos de corridas de velocidade da raça Quarto de Milha.

Palavras-chave: herdabilidade, hipódromos, rentabilidade monetária, repetibilidade e velocidade.

Genetic parameters and trends of Quarter Horse racing performance traits

Abstract – The aim of the study was to evaluate the racing performance of Quarter Horse (QM) in Brazil, through the estimation of the parameters and genetic trends of the earnings trait at two years of age (RM2), best time (BT) and time class (CT) at distances 301 m (BT301 and CT301) and 402 m (BT402 and CT402). From a total of 23,482 speed records provided by the Sorocaba Jockey Club (JCS), used 1,900 (RM2), 3,365 (BT301), 3,318 (BT402), 6,579 (CT301) and 7,423 (CT402). Data were obtained over a period of 38 horse years (1978 to 2015). Uni and bi analyzes by trait were performed using Bayesian inference to obtain estimates of genetic parameters. The heritability estimates obtained for the traits were low to moderate magnitude, ranging from 0.10 ± 0.04 (RM2) to 0.37 ± 0.03 (CT301). The repeatability value of CT301 and CT402 were 0.31 and 0.32 respectively. The heritability values in bi traits analyzes were higher than the uni traits, showing moderate to high results, ranging from 0.15 ± 0.05 (RM2 with CT301) to 0.76 ± 0.12 (BT402 with RM2). The additive genetic, residual and phenotypic correlations showed high, low and moderate estimates, respectively, positive between the RM2 trait and the CT traits and negative (as intended) between the RM2 and BT traits. The observed genetic trends showed improvements over time in all evaluated traits, but when evaluating the last ten years (2006 to 2015), negative (genetic loss) and zero (genetic stagnation) trends were observed. The study indicated that the RM2 trait presents better results when used in the evaluation associated with the other traits, and with the BT trait and at 402 m distance, the genetic information was superior. Suggesting that the evaluated traits should be included together in breeding selection programs for the Quarter Horse racing.

Keywords: earning, heritability, hippodromes, repeatability and speed.

1. Introdução

A origem genética de cavalos da raça Quarto de Milha (QM), remonta ao século 17, por meio de cruzamentos de matrizes do Reino Unido com garanhões das regiões da atual Arábia Saudita e Turquia, tornando-se numa das maiores e multifuncionais populações de equinos do mundo (ABQM 2019). A utilização dos animais em passeios familiares, trabalho com gado, competições *western* e corridas de velocidade em curtas distâncias, foram preservadas desde a sua formação (século 17) até o século 21. O início oficial das corridas de velocidade da raça QM foi no ano de 1943 nos USA (Tucson – Arizona). No Brasil, informações sobre o início das corridas com QM é desprovido, mas existem registros zootécnicos a partir de julho de 1978 (Sorocaba – São Paulo).

O fenótipo do tempo final é muito utilizado em avaliações genéticas de cavalos de corrida (Thiruvankadan et al 2009), sendo a característica *best time*, a de maior aplicação, representando o menor valor de todas as corridas de determinado animal, e mais utilizado como critério de seleção (Hintz 1980). As características tempo e classificação final (Villela et al 2002) e índice de velocidade (Corrêa e Mota, 2007) em cavalos QM forneceram baixas estimativas de herdabilidade, dificultando a seleção por meio destas características.

A característica rentabilidade monetária em equinos foi relatada inicialmente por Estes (1948), e denominada por índice de ganhos médios (*Average Earning Index*), sendo alterada por Clarke (1977) nomeando como índice padrão de partidas (*Standard Starts Index*) e mais tarde, a característica foi denominada por rentabilidade monetária (*Earnings*) por Langlois (1980). A característica rentabilidade monetária no QM (Silva et al., 2014) apresentou estimativas moderadas de herdabilidade e tendências genéticas positivas, sugerindo sua inclusão em programas de seleção.

A classe de tempo em cavalos QM (Faria et al 2019) obteve estimativas elevadas da herdabilidade e repetibilidade, sugerindo aplicação nos programas de seleção. Os autores indicaram que os cavalos deveriam ser avaliados em menor idade e avaliada por distância.

O objetivo do estudo foi avaliar as características rentabilidade monetária, melhor tempo final e classe de tempo de cavalos da raça Quarto de Milha em corridas de velocidade no Brasil

2. Material e Métodos

2.1. Descrição dos dados

Os registros das corridas de velocidade da raça QM foram fornecidos pelo Jockey Club de Sorocaba (JCS), contendo informações de julho de 1978 a junho de 2016. As corridas foram realizadas em cinco hipódromos nas cidades de Sorocaba, São Paulo, Ribeirão Preto, Jaú e Avaré, todas no estado de São Paulo, Brasil. Os dados continham 23.482 registros, pertencentes a 5.861 animais (42,2% machos) e obtidos em 5.138 páreos (corridas). O total de registros (1.072, 6.579, 2.726, 5.682 e 7.423) estavam distribuídos nas distâncias de 275, 301, 320, 365 e 402 m, respectivamente.

A classe de idade hípica do cavalo é determinada pelo ano hípico independente da data de nascimento. No hemisfério sul, o ano hípico inicia em 1 julho até 30 de junho do ano seguinte. No presente estudo foram utilizadas as classes de idade hípica de 2, 3 e 4 ou mais anos.

2.2. Descrição das características e arquivos

Rentabilidade monetária

A característica rentabilidade monetária (RM) representa a soma dos prêmios monetários obtidos em determinada idade ou vida esportiva. No presente estudo, considerando que 74,9% dos cavalos realizaram a 1^o corrida com dois anos de idade hípica, e seguindo as recomendações do estudo de Silva et al. (2014), foi considerada a RM aos dois anos de idade hípica (RM2). Os prêmios em dinheiro ganhos ao longo dos dois anos de idade hípica foram obtidos em diferentes épocas (anos hípicos de 1978 a 2015) e em diferentes moedas brasileiras, Cruzeiro (Cr\$ 1978 a 1986), Cruzado (Cz\$ 1986 a 1989), Cruzado Novo (NCz\$ 1989 a 1990), Cruzeiro (Cr\$ 1990 a 1993), Cruzeiro Real (CR\$ 1993 a 1994) e Real (R\$ desde de 1994), sendo necessário corrigir os prêmios, por meio de correção monetária perante a inflação decorrente ao ano e

mês de cada corrida utilizando os valores do Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (FGV 2019) e obtendo a atualização monetária para junho de 2019 (MAPA 2016).

Depois foi realizada a conversão para a moeda internacional dólar US\$ (Silva et al 2014). Os valores fenotípicos da característica RM2 apresentaram ausência de distribuição normal, sendo aplicada transformação logarítmica (Walsh 2007) na base 10 (LOG10).

Os registros utilizados na análise do RM2 considerou os páreos que tiveram pelo menos um ou mais prêmios (Tolley et al 1985), resultando em arquivo de dados com 1.900 animais que tiveram seus prêmios ganhos somados na classe de idade de dois anos hípicas (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição estatística das cinco características e as suas médias fenotípicas em cavalos de corrida de velocidade da raça QM no Brasil

Itens	Características de						
	Medidas únicas				Medidas repetidas		
	RM2	BT301	BT402	Total	CT301	CT402	Total
μ característica	3,05±0,91	17,33±0,68	23,06±1,13	-	3,63±1,05	3,42±1,18	-
N de dados	1.900	3.365	3.318	5.861	6.579	7.423	23.482
N de machos	860	1.436	1.438	2.474	2.909	3.415	10.335
N de fêmeas	1.040	1.929	1.880	3.387	3.670	4.008	13.127
N de garanhões	51	92	132	154	296	503	1.227
N de matrizes	314	538	691	964	1.177	1.772	4.982

RM2, rentabilidade monetária aos 2 anos de idade hípica; **BT301** e **BT402**, melhor tempo final aos 301 e 402 metros; **CT301** e **CT402**, classe de tempo aos 301 e 402 metros; **μ**, média; **N**, número.

Melhor tempo final

A característica melhor tempo final (BT) de cada animal é definido como o tempo mais rápido de todas as corridas competidas em determinada distância. Neste estudo foram avaliadas nas distâncias aos 301 m (BT301) e 402 m (BT402) com 3.365 e 3.318 registros individuais (animais), respectivamente (Tabela 1). O tempo final foi obtido por cronometragem eletrônica automática em segundos.

Classe de tempo

A característica Classe de Tempo (CT) foi definida em cinco classe com base nos tempos finais (em segundos) de cada páreo (Faria et al., 2019). As classes foram atribuídas dos escores foram realizados dentro de páreo e com base na diferença percentual em relação ao tempo do vencedor. A classe 5 inclui os animais com tempo final menor de 0,10% ou menos em relação ao tempo final do vencedor, incluindo o vencedor. As classe 4, 3, 2 e 1, incluem animais com tempo final entre 0,11% a 1,00%, 1,01% a 3,00%, 3,01% a 5,00% e > 5,00%, em relação ao tempo final do vencedor do páreo, respectivamente. Os valores fenotípicos da característica CT são medidas repetidas dos animais e foram avaliadas nas distâncias 301 m (CT301) com 6.579 registros, e na distância 402 m (CT402), foram avaliados 7.423 registros (Tabela 1).

Arquivos

Os dados analisados representam parte considerável dos animais de corridas da raça QM no Brasil. A justificativa de avaliar os animais na característica RM2 foi a possibilidade de selecionar precocemente os animais e no início esportivo, ao número de registros aos dois anos de idade hípica, e as conclusões dos estudos de Silva et al. (2014) e Langlois e Blouin (2007). A distância 301 m (BT301 e CT301) foi seleciona por apresentar o maior número de registros no século 21 e na primeira corrida dos animais. A distância 402 m (BT402 e CT402), equivalente a $\frac{1}{4}$ de milha, se deve a importância que representa na raça, e por apresentar o maior número de registros. A seleção das características se baseia na importância que apresentaram em outros estudos (Langlois e Blouin, 2007; Thiruvankadan et al, 2009; Silva et al., 2014; Faria et al., 2019).

2.3. Análises

Análises uni características foram realizadas com intuito de obter os componentes de variância e explorar seus resultados comparados com as análises bi características, estas realizadas considerando a característica RM2 como âncora e alterando uma a uma as outras quatro características, ou seja, foram rodadas RM2

com BT301 (3.967 animais), RM2 com BT402 (3.946 animais), RM2 com CT301 (7.695 registros) e RM2 com CT402 (9.088 registros).

O modelo utilizado para a característica RM2 incluíram os efeitos fixos de ano hípico de nascimento e sexo, e a covariável número de partidas, além do efeito genético aditivo e residual. Nas características BT301 e BT402 utilizou-se os efeitos fixos do ano hípico de nascimento, sexo, classe de idade hípica e hipódromo e, os efeitos genéticos aditivo e residual. Para a característica CT301 e CT402, os efeitos sistemáticos de sexo, idade hípica e páreo, e os efeito aleatórios de animal, de ambiente permanente do animal e resíduo.

O arquivo de pedigree utilizado em todas as análises continha 11.425 animais, a sua qualidade de informações genealógicas foi de $5,5 \pm 1,2$ gerações equivalentes conhecidas (Maignel et al 1996) e continha 1.855 pais e 4.858 mães.

A representação matricial de todos os modelos utilizado na avaliação das características RM2, BT301 e BT402 (linear) e as características CT301 e CT402 (limiar), pode ser representado por:

$$y = X\beta + Z_1\alpha + Z_2c + e$$

em que, y é o vetor das observações, β é o vetor dos efeitos fixos, α é o vetor dos valores genéticos aditivos diretos de animal, c é o vetor de efeitos de ambiente permanente de animal (somente para CT301 e CT402), e é o vetor de efeitos aleatórios residuais, e X , Z_1 , e Z_2 são as matrizes de incidência que relacionam as observações aos efeitos fixos, efeitos aleatórios genético aditivo direto e não correlacionados de ambiente permanente, respectivamente.

No modelo de limiar (CT301 e CT402), foi assumido que a escala subjacente apresenta distribuição normal contínua, descrita como:

$$U|\theta \sim N(W\theta, I\sigma_e^2)$$

em que, U é o vetor da escala subjacente de ordem r ; $\Theta'=(\beta', \alpha', c')$ é o vetor de localização dos parâmetros de ordem s , com β sendo definido como os efeitos sistemáticos, α é o efeito genético aditivo e c efeito de ambiente permanente de animal; W é a matriz de incidência conhecida de ordem r por s ; I é a matriz identidade de ordem r por r ; e σ_e^2 é a variância residual.

Nas análises das variáveis categóricas, os vetores β , α e c são parâmetros de locação de uma distribuição condicional $y \mid \beta, \alpha, c$. Foi considerado, *a priori*, que β tem distribuição uniforme, refletindo conhecimento prévio vago sobre esse vetor. Aos demais componentes foram atribuídas distribuições Wishart invertida. Assim, a distribuição de y , dados os parâmetros de escala, foi considerada como:

$$(y \mid \beta, \alpha, c, R) \sim N[X\beta + Z_\alpha \alpha + W_c c, I_N R]$$

As características CT301 e CT402 são categóricas e determinadas por variáveis contínuas não observáveis em escala subjacente, na qual os valores iniciais dos limiares são fixos: $t_1 < t_2 \dots < t_{j-1}$, com $t_0 = -\infty$ e $t_j = \infty$, onde j é o número de categorias. As categorias ou escores de y_i (característica CT), para cada animal i , são definidas por U_i na escala subjacente:

$$Y_i = (1) t_0 < U_i \leq t_1; (2) t_1 < U_i \leq t_2; (3) t_2 < U_i \leq t_3; (4) t_3 < U_i \leq t_4; (5) t_4 < U_i \leq t_5, \\ \text{para } i = 1, \dots, n,$$

em que, n é o número de observações. Após especificação dos limiares t_0 a t_5 , um dos limiares (t_0 a t_5) necessitou ser ajustado para uma constante arbitrária. Neste estudo, considerou-se $t_1=0$, tal que o vetor de limiares estimáveis foi definido como $t = t_2; t_3$ e t_4 .

De acordo com o enfoque bayesiano, nas análises bicaracterísticas envolvendo contínua (RM2) e categórica (CT301), admitiu-se que as distribuições iniciais dos efeitos aleatórios genéticos, não correlacionados e residuais, seguem distribuição normal multivariada, conforme representado a seguir:

$$p\left(\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \mid G\right) \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, G = G_0 \otimes A\right), p\left(\begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} \mid C\right) \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, C = C_0 \otimes I\right), \\ p\left(\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} \mid R\right) \sim N\left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}, R = R_0 \otimes I\right)$$

em que, G_0 é a matriz de variâncias e covariâncias genéticas; C_0 é a matriz das variâncias de efeitos não correlacionados; R_0 é a matriz de variâncias residuais; $\otimes$ é o operador do produto direto; A é a matriz de parentesco; e I é a matriz identidade.

Assumiram-se distribuições iniciais das (co)variâncias como Wishart invertida para os efeitos aleatórios genéticos, não correlacionados e residuais das

características estudadas, inclusive a covariância entre elas. Foram definidas distribuições iniciais uniformes tanto para os efeitos fixos quanto para os limiares. O parâmetro v é o grau de liberdade correspondente à distribuição Wishart invertida que indica o grau de confiabilidade da distribuição inicial. O parâmetro v utilizado foi de valor zero, ou seja, não refletiu grau de conhecimento sobre os parâmetros (Van Tassell et al 1998).

As análises em uni características de modelo animal linear e limiar, e bi características de modelo animal linear-linear e linear-limiar, foram executadas em cadeias únicas de Gibbs de 1.100.000 ciclos e para RM2 cadeias de 1.600.000 ciclos (RM2), com período de descarte amostral de 100.000 e 600.000 ciclos, respectivamente, números que foram decidido após verificação do estágio estacionário da cadeia por inspeção gráfica (Kass et al 1998). A cada 20 amostras foram estocadas as estimativas, totalizando 50.000 amostras, com as quais foram computadas as médias posteriores, desvios-padrão e regiões de credibilidade a 95% (HPD95) dos componentes de variância, da herdabilidade, repetibilidade e correlação genética e residual *a posteriori*. As análises estatísticas foram realizadas por meio dos programas GIBBSF90test e THRGIBBS1F90 (Misztal et al 2002), este último para a análise das características categóricas CT301 e CT402.

Os resultados da uni e bi características foram avaliados quanto a convergência da cadeia pelo programa POSTGIBBSF90 (Misztal et al 2002). As cadeias estipuladas (1.100.000 e 1.600.000 ciclos) e os períodos de descarte (100.000 e 600.000 ciclos) foram suficientes para obter convergência nas análises realizadas (Misztal et al 2002). O menor tamanho efetivo da cadeia (TEC) dos componentes de (co) variâncias indicaram o número de amostras independentes com informação equivalente àquelas contidas dentro da amostra dependente (Sorensen et al 1995). Desta forma, as estimativas de TEC obtidas no presente trabalho foram superiores a 200 ciclos, indicando a convergência da cadeia de Gibbs obtida na análise.

As estimativas dos Valores Genéticos (VG) *a posteriori* foram obtidas por meio do procedimento BLUP, com recurso da opção "OPTION fixed_var mean" (Misztal et al 2002) e utilizando os valores das (co)variâncias genéticas e residuais obtidos da análise final do presente estudo.

A descrição das estimativas dos VG para as cinco características apresentaram os valores dos 1.900 (RM2), 3.365 (BT301 e CT301) e 3.318 (BT402 e CT402) animais, nascidos entre 1971 a 2014, período de início e dos últimos nascimentos de animais com registros de corridas no Brasil, respectivamente. As estimativas dos VG para os garanhões e matrizes (Tabela 1), no mesmo período, também foram descritos.

Por meios das estimativas dos VG foram calculadas as tendências genéticas como uma regressão dos valores genéticas por ano de nascimento dos animais (de 1978 a 2014), os resultados são apresentados na forma de gráfico das médias anuais das cinco características e das suas respectivas linhas de tendência linear.

3. Resultados

3.1. Estimativas dos parâmetros genéticos

Herdabilidade (h^2) e Repetibilidade (t)

As estimativas de herdabilidade (h^2) obtidas nas análises uni características apresentaram valores baixos para RM2, BT301 e CT301, e moderadas para BT402 e CT402 (Tabela 2). Os valores observados pelo HPD95, forneceram os menores intervalos para as características BT301 e BT402 e o maior intervalo para CT402 (Tabela 2). Os valores da repetibilidade (t) em ambas as características CT foram moderados e próximos.

Os valores das estimativas da h^2 obtidas nas análises bi características foram superiores aos resultados das uni características (Tabela 2). Os valores mantiveram-se baixos na interação da RM2 com as características avaliadas na distância 301 m (BT301 e CT301) e moderadas na distância 402 m (BT301 e CT301). As estimativas de h^2 foram moderadas nas bi características CT301 x RM2 e CT402 x RM2 e altas nas BT301 x RM2 e BT402 x RM2. Os valores das medidas centrais apresentam simetria nas análises uni e bi características (Tabela 2).

Tabela 2. Estimativas a posterior das herdabilidades e repetibilidade em análises uni e bi características para RM2, BT301, BT402, CT301 e CT402, em cavalos de corrida de velocidade da raça QM no Brasil

Características		Herdabilidades (h^2)					Repetibilidade (t)
		Média	Mediana	Moda	HPD95	TEC	
Uni	RM2	0,10 ± 0,04	0,10	0,10	0,02 a 0,19	516	-
Bi	RM2 – BT301	0,21 ± 0,05	0,21	0,18	0,10 a 0,31	5.132	-
Bi	RM2 – BT402	0,37 ± 0,03	0,37	0,37	0,14 a 0,46	3.451	-
Bi	RM2 – CT301	0,15 ± 0,05	0,15	0,20	0,07 a 0,25	520	-
Bi	RM2 – CT402	0,33 ± 0,14	0,33	0,33	0,08 a 0,55	235	-
Uni	BT301	0,23 ± 0,04	0,23	0,23	0,15 a 0,32	2.500	-
Bi	BT301 – RM2	0,61 ± 0,03	0,61	0,65	0,55 a 0,68	2.292	-
Uni	BT402	0,39 ± 0,04	0,39	0,35	0,30 a 0,43	6.250	-
Bi	BT402 – RM2	0,76 ± 0,02	0,76	0,75	0,71 a 0,80	2.987	-
Uni	CT301	0,17 ± 0,06	0,17	0,14	0,08 a 0,32	280	0,31 ± 0,09
Bi	CT301 – RM2	0,19 ± 0,06	0,19	0,20	0,10 a 0,34	581	0,32 ± 0,08
Uni	CT402	0,30 ± 0,13	0,30	0,33	0,15 a 0,43	360	0,43 ± 0,19
Bi	CT402 – RM2	0,34 ± 0,13	0,34	0,50	0,10 a 0,55	248	0,46 ± 0,17

HPD95, região de credibilidade a 95%; **TEC**, tamanho efetivo da cadeia; **RM2**, rentabilidade monetária aos dois anos; **BT301**, best time aos 301 m; **BT402**, best time aos 402 m; **CT301**, classe de tempo aos 301m; **CT402**, classe de tempo aos 402m.

Nas análises bi característica, os resultados do HPD95 para as estimativas de h^2 apresentaram variação reduzida a moderada, o maior intervalo foi observado na RM2 – CT402 (Tabela 2). Os valores das estimativas da t em ambas as características CT foram superiores comparativamente as uni características.

Correlações genéticas

Os menores e maiores valores das r_G e r_P foram observados na avaliação das características RM2 x CT301 e RM2 x BT402, respectivamente. As menores estimativas das r_r foram observadas na RM2 x BT301, os maiores valores da r_r foram próximos e iguais nas demais características (Tabela 3). Os valores negativos entre RM2 e BT são desejados, RM2 aumentando (mais dinheiro) com valores de BT diminuindo (menos tempo).

Tabela 3. Correlações genéticas aditivas, residuais e fenotípicas, entre a característica RM2 e as características BT301, BT402, CT301 e CT402 em Cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil

Características	RM2		
	r_G	r_r	r_P
BT301	$-0,95 \pm 0,05$	$-0,14 \pm 0,07$	$-0,44 \pm 0,04$
BT402	$-0,98 \pm 0,02$	$-0,27 \pm 0,05$	$-0,52 \pm 0,02$
CT301	$0,69 \pm 0,13$	$0,26 \pm 0,05$	$0,37 \pm 0,04$
CT402	$0,92 \pm 0,08$	$0,27 \pm 0,09$	$0,47 \pm 0,07$

BT301, best time aos 301 m; **BT402**, best time aos 402 m; **CT301**, classe de tempo aos 301m; **CT402**, classe de tempo aos 402m; r_G , correlações genéticas; r_r , correlações residuais; r_P , correlações fenotípicas.

3.2. Estimativas dos valores genéticos e tendências genéticas

As médias das estimativas dos valores genéticos (VG) foram próximos entre os sexos (Tabela 4). Na característica RM2, os VG foram iguais entre reprodutores e não reprodutores e as matrizes apresentaram VG superiores as fêmeas não reprodutoras nas características CT301 e CT402, sendo igual na RM2 (Tabela 4). Nas idade hípicas, as diferenças das estimativas dos VG entre os animais com 2 e 4 anos de idade hípica foram elevadas, e VG intermediários nos animais com 3 anos, em todas as características. Os maiores VG foram observados nos animais com 2 anos de idade hípica (Tabela 4).

Em todas as variáveis, os VG nas características da mais longa distância (BT402 e CT402), foram superiores aos VG fornecidos na menor distância (BT301 e CT301) (Tabela 4). Os desvios padrão (DP) dos VG, foram superiores as estimativas médias nas características RM2, BT301 e CT301, em todas as variáveis. Nas características BT402 e CT402, apenas na variável idade hípica aos 3 e 4 anos, os DP foram superiores as médias dos VG.

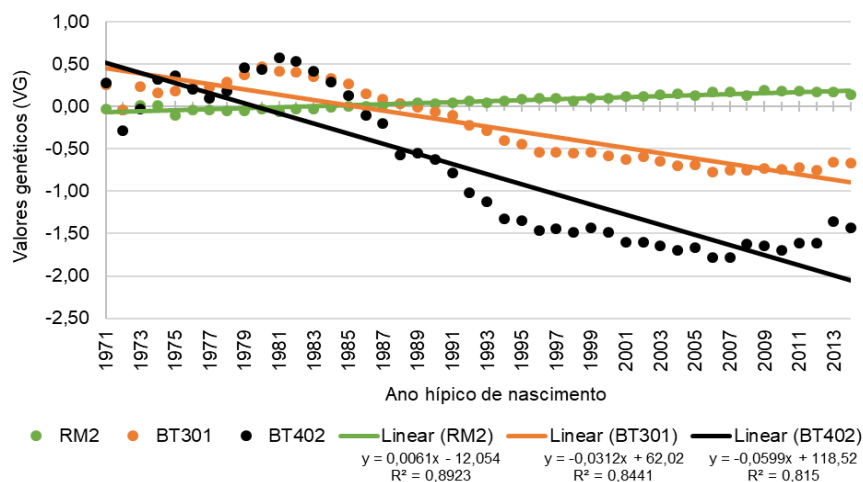
Tabela 4. Médias dos Valores genéticos (VG) das características RM2, BT301, BT402, CT301 e CT402 pelo total e variáveis sexo, reprodutores e idades hípicas em cavalos de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil

Variáveis		Características				
		RM2	BT301	BT402	CT301	CT402
		Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Machos		0,08 ± 0,20	-0,34 ± 0,46	-1,02 ± 0,90	0,66 ± 1,23	1,97 ± 1,67
Fêmeas		0,07 ± 0,19	-0,26 ± 0,48	-0,88 ± 0,91	0,53 ± 1,23	1,76 ± 1,69
Garanhões		0,08 ± 0,23	-0,16 ± 0,52	-0,76 ± 1,01	0,56 ± 1,37	1,99 ± 2,21
Matrizes		0,07 ± 0,20	-0,20 ± 0,46	-0,84 ± 0,85	0,61 ± 1,29	1,95 ± 1,73
Idade hípica	2 anos	0,08 ± 0,21	-0,32 ± 0,48	-1,00 ± 0,90	0,63 ± 1,23	1,96 ± 1,68
	3 anos	0,06 ± 0,16	-0,23 ± 0,46	-0,78 ± 0,90	0,47 ± 1,20	1,55 ± 1,68
	4 anos	0,04 ± 0,15	-0,13 ± 0,41	-0,55 ± 0,85	0,32 ± 1,21	1,26 ± 1,59
TOTAL		0,08 ± 0,19	-0,29 ± 0,47	-0,94 ± 0,90	0,58 ± 1,23	1,85 ± 1,69

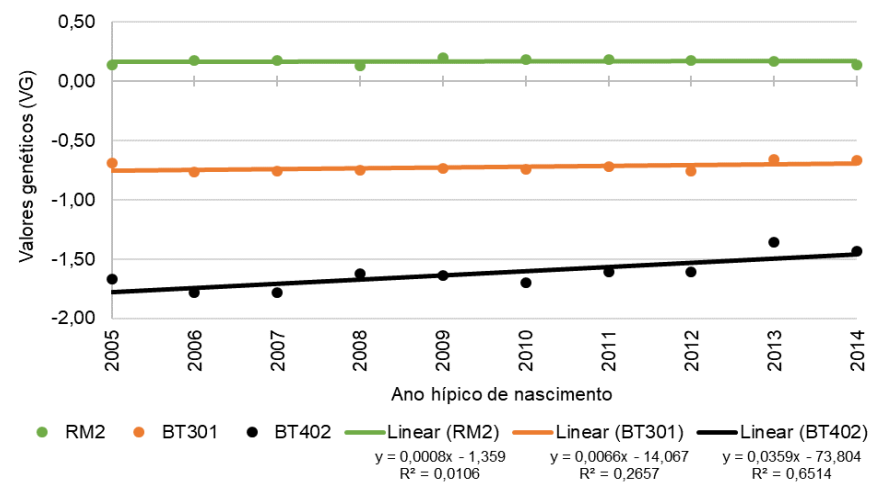
RM2, rentabilidade monetária aos 2 anos; **BT301**, best time aos 301 m; **BT402**, best time aos 402 m; **CT301**, classe de tempo aos 301 m; **CT402**, classe de tempo aos 402 m; **DP**, Desvio padrão.

As estimativas das tendências genéticas (Figura 1), por ano hípico de nascimento dos animais (1971 a 2014) aumentaram ao longo dos 43 anos. As tendências genéticas das características BT301 e BT402 negativas são favoráveis (Figura 1.a), visto que os menores valores são desejados para a característica BT.

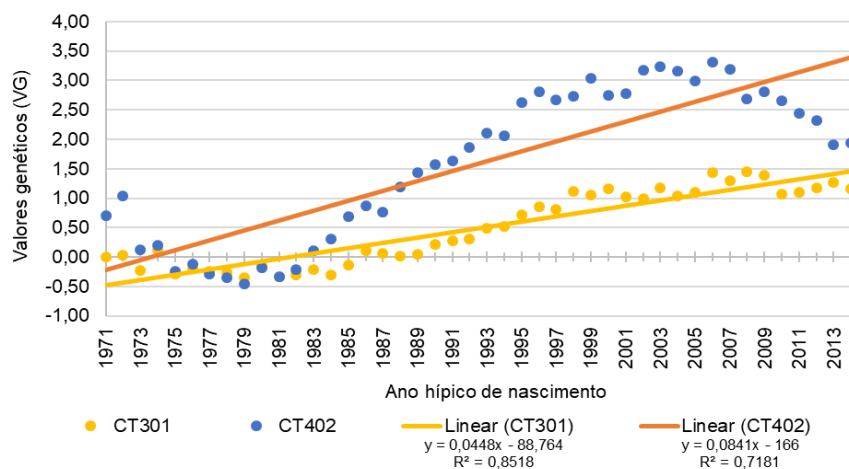
Oscilações foram observadas nos animais nascidos nos primeiros 10 anos (até 1980), seguindo melhorias consideráveis até o início do século 21 (Figura 1.a, 1.c). Na observação dos últimos dez anos de nascimentos (Figura 1.b, 1.d), foram observados valores contrários a totalidade dos anos hípicos avaliados, indicando perdas anuais dos VG da população de corridas da raça QM no Brasil.



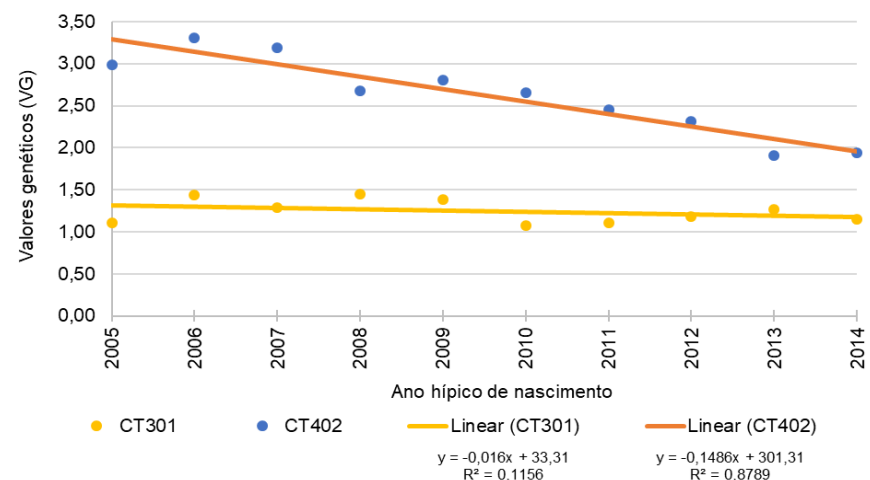
a



b



c



d

Figura 1. Tendências genéticas lineares ao longo dos 43 anos hípticos de nascimentos (1971 a 2014) e últimos 10 anos (2005 a 2014), para as características Rentabilidade monetária aos 2 anos (RM2), Best time aos 301 m (BT301) e 402 m (BT402) (Fig. 2.a; Fig. 2.b), Classe de tempo aos 301 m (BT301) e 402 m (BT402) (Fig. 2.c; Fig. 2.d) nos animais de corrida da raça Quarto de Milha no Brasil.

4. Discussão

4.1. Estimativas dos parâmetros genéticos

Herdabilidade (h^2) e Repetibilidade (t)

As estimativas de h^2 relatadas na literatura, avaliando o desempenho de cavalos QM, foram idênticas aos resultados do presente estudo (Tabela 2). Na característica rentabilidade monetária Silva et al. (2012) obtiveram valores iguais a 0,16 a 0,28, para tempo final (Buttram et al. (1988) descreveram 0,20 a 0,38, Corrêa e Mota (2007) descreveram 0,26 a 0,41 e Villela et al. (2002), 0,17. Por meio de análise multicaracterísticas (Faria et al., 2019) apresentaram estimativas de h^2 de 0,45 a 0,56 para a característica Classe de tempo.

A característica rentabilidade monetária avaliando o desempenho de animais PSI de corridas na Itália (Galizzi-Vecchiotti e Pazzaglia, 1976), França (Langlois et al 1975), Alemanha (Bugislaus et al 2004) e República Checa (Svobodova et al 2005), forneceram resultados de estimativas de h^2 iguais a 0,12 a 0,13, 0,02 a 0,06, de 0,10 e 0,14 a 0,19, respectivamente, sendo igualmente baixos ao do presente estudo (Tabela 2).

Os valores superiores das bi características BT301 x RM2 e BT402 x RM2 (Tabela 2) sugerem que a avaliação conjunta fornece maiores informações genéticas. Yorov e Kissyov (1976) avaliando cavalos de corrida PSI forneceram valores de h^2 elevados (0,58 a 0,77), moderados (0,32 a 0,40) e baixos (0,10 a 0,23), para os dois, três anos e considerando todas as idades, respectivamente, para a característica BT. Ekiz et al. (2005) também com dados de PSI apresentaram h^2 variando de 0,23 a 0,49, nas idades de 2 a 7 anos. No Brasil e com PSI, Mota et al. (1998) apresentaram para BT valor de h^2 reduzida (0,12).

A observação das estimativas de h^2 da literatura e os valores do presente estudo (Tabela 2), foram similares, sugerindo que, as diferenças foram possivelmente motivadas pelos diferentes métodos de análises, modelos e populações utilizadas em cada estudo.

Os valores das estimativas de t em cavalos QM no Brasil, avaliando as distâncias de 301 e 402 m foram iguais a 0,28 e 0,42 (índice de velocidade) e 0,36 e 0,68 (tempo final), respectivamente (Corrêa e Mota 2007). Nos EUA, México e Canadá o valor das estimativas de t na distância 402 m, foi igual ao presente estudo

com 0,32 (tempo final). Buttram et al. (1988) não forneceram resultados para a distância 301 m, mas forneceram valores de t iguais a 0,36 avaliando os animais aos dois anos de idade.

As moderadas estimativas da t obtidas no presente estudo (Tabela 2) e literatura citada, indicaram que a capacidade de um animal repetir o valor fenotípico em cada distância foi moderado, sendo que para seleção e descarte dos animais, devem ser consideradas maior número de medidas, como sugerido no estudo de Corrêa e Mota (2007). Análises multicaracterísticas CT em diferentes distâncias e avaliando elevado número de medidas repetidas por animal QM, (Faria et al., 2019), forneceu precisão no momento de seleção e descarte dos cavalos de corrida, com valores de t elevados (0,78 a 0,97).

Correlações genéticas

As estimativas de correlações permitem avaliar o comportamento de uma característica quando se realiza a seleção em outra característica, possibilitando obtenção de ganho genético numa característica por meio de outra de difícil mensuração ou de baixa estimativa de herdabilidade (Frankham 1996). As elevadas estimativas das correlações genéticas (r_G) observadas no presente estudo (Tabela 3) foram observadas na literatura (Corrêa e Mota, 2007; Silva et al., 2014; Villela et al., 2002), considerando desempenho de corridas de cavalos QM. As elevadas estimativas de r_G sugerem que a seleção em RM2 pode trazer benefícios na característica BT em ambas distâncias e CT na mais longa distância.

As magnitudes das correlações residuais (Tabela 3) sugerem que as características são influenciadas por diferentes fatores ambientais. Os valores das correlações fenotípicas (r_P) seguiram as tendências as r_G (Tabela 3), mas com valores menores. Os resultados obtidos indicam que os fatores genéticos apresentam maior influência que os fatores ambientais, nos cavalos de corrida QM do Brasil.

4.2. Estimativas dos valores genéticos e tendências genéticas

O desempenho de um cavalo atleta é a soma da sua capacidade genética (transmitidas pelos ancestrais) mais as influências do meio ambiente (manejo, nutrição, treinamento, cavaleiro e outros efeitos aleatórios). Os resultados dos valores genéticos (VG), são estimativas das capacidades genéticas, e podem ser utilizados no cálculo da morfologia, desempenho esportivo, saúde e na seleção dos reprodutores.

Os VG (Tabela 4), indicaram variabilidade na população do QM, confirmado pelos valores dos desvios padrão. Faria et al. (2019), sugeriram que os animais com os VG superiores não estariam a ser selecionados para reprodutores, perante os VG inferiores dos garanhões comparativamente as médias das populações QM. No presente estudo, está afirmações somente pode ser confirmada pelas características do BT, nas demais característica (RM2, CT301 e CT302), os garanhões com os maiores VG foram selecionados para reprodutores, sendo igualmente observado nas matrizes para as características da CT.

As tendência genéticas (Figura 1), indicaram maior progresso genético na distância mais longa (BT402 e CT402). Na América do norte, Wilson et al. (1988) apresentaram valores contrários, o maior progresso foi observado na menor distância avaliada (320 m) e nos 402 m o menor progresso. As diferenças entre a menor e maior distância na América do norte, foi justificada pelo elevado número de registros nos 320 m, sugerindo que os treinamentos dos animais foram focados nesta distância. No presente estudo, possivelmente o mesmo motivo justificou as maiores tendências genéticas na distância de 402 m, que apresentou maior número de registros (Tabela 1).

Nos últimos dez anos (2005 a 2014), as tendências genéticas diminuíram (Figura 1), sugerindo possível estagnação na evolução genética da linhagem de cavalos de corrida da raça QM no Brasil, comparável ao relatado na raça PSI (Thiruvankadan et al., 2009).

5. Conclusão

A estagnação e perda genética apresentada na última década deve ser recuperada, por meio de acasalamentos dirigidos com aumento do número de reprodutores com origens distintas dos ancestrais dos cavalos Quarto de Milha no Brasil.

A característica rentabilidade monetária apresenta variabilidade genética e correlação genética com características importantes de desempenho em corrida de cavalos para inclusão em programas de seleção na raça Quarto de Milha.

6. Referências

ABQM (2019) **Associação Brasileira de criadores do cavalo Quarto de Milha**. <https://www.abqm.com.br/pt/conteudos/quarto-de-milha/quarto-de-milha-no-brasil>.

Acesso em: 3 ago. 2019

Bugislaus AE, Roehe R, Uphaus H, Kalm E (2004) Development of genetic models for estimation of racing performances in German thoroughbreds. **Archives Animal Breeding**. DOI: 10.5194/aab-47-505-2004

Buttram ST, Wilson DE, Willham RL (1988) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: III. Estimation of Variance Components. **Journal Animal Science**. 66:2808–2816.

Clarke S (1977) Standard starts index. *Blood Horse*, 103 1612.

Corrêa MJM, Mota MDS (2007) Genetic evaluation of performance traits in Brazilian Quarter Horse. **Journal of applied genetics** 48:145–151. DOI: 10.1007/BF03194672

Estes A (1948) Statistics on prominent sires, adjusted for changing dollar. **Blood Horse**, 52 470.

Faria RAS, Maiorano AM, Correia LECS, Santana Jr MS, Silva, JAIIV (2019) Time class for racing performance of the Quarter Horse: Genetic parameters and trends using Bayesian and multivariate threshold models. **Livestock Science** 225:116–122. DOI: 10.1016/j.livsci.2019.05.013

FGV FGV (2019) **Índice Geral de Preço - Disponibilidade Interna, FGV**. [https://portalibre.fgv.br/data/files/CA/95/DF/1D/E21DB61078ADFDA68904CBA8/IGP-DI JUN 19 complemento.xls](https://portalibre.fgv.br/data/files/CA/95/DF/1D/E21DB61078ADFDA68904CBA8/IGP-DI_JUN_19_complemento.xls). Acesso em: 7 jul. 2019

Frankham R (1996) **Introduction to quantitative genetics** (4th edn). Trends in Genetics 12:280. DOI: 10.1016/0168-9525(96)81458-2

Hintz RL (1980) Genetics of Performance in the Horse. **Journal Animal Science** 51:582–594. DOI: 10.2134/jas1980.513582x

Kass RE, Carlin BP, Gelman A, Neal RM (1998) Markov Chain Monte Carlo in Practice: A Roundtable Discussion. **The American Statistician** 52:93. DOI: 10.2307/2685466

Langlois B, Poirel D, Tastu D, Rose J (1975) Analyse statistique et génétique des gains des pur sang anglais de trois ans dans les courses plates françaises. **Genetics Selection Evolution**. DOI: 10.1186/1297-9686-7-4-387

Maignel L, Boichard D, Verrier E (1996) Genetic Variability of French Dairy Breeds Estimated From Pedigree Information. **Anais Interbull Bull**. p 48–56

MAPA (2016) **Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. <http://www.agricultura.gov.br/>. Accessed 5 fev 2019

Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, et al (2002) BLUPF90 and related programs (BGF90). Proceedings of the **7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**. p 21–22

Silva APA, Curi RA, Langlois B, Silva JA V (2014) Genetic parameters for earnings in quarter horse. **Genetics and Molecular Research** 13:5840–5848. DOI: 10.4238/2014.August.1.2

Sorensen D, Andersen S, Gianola D, Korsgaard I (1995) Bayesian inference in threshold models using Gibbs sampling. **Genetics, selection, evolution** 27:229–249. DOI: 10.1186/1297-9686-27-3-229

Svobodova S, Blouin C, Langlois B (2005) Estimation of genetic parameters of Thoroughbred racing performance in the Czech Republic. **Animal Research**. DOI: 10.1051/animres:2005035

Thiruvankadan AK, Kandasamy N, Panneerselvam S (2009) Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. **Livestock Science**. 121:308–326. DOI: 10.1016/j.livsci.2008.07.009

Tolley EA, Notter DR, Marlowe TJ (1985) A review of the inheritance of racing performance in horses. **Animal Breeding Abstract**.

Van Tassell CP, Van Vleck LD, Gregory KE (1998) Bayesian Analysis of Twinning and Ovulation Rates Using a Multiple-Trait Threshold Model and Gibbs Sampling. **Journal of Animal Science**. DOI: 10.2527/1998.7682048x

Villela LCV, Mota MDS, Oliveira HN (2002) Genetic parameters of racing performance traits of Quarter horses in Brazil. **Journal of Animal Breeding and Genetics** 119:229–234. DOI: 10.1046/j.1439-0388.2002.00338.x

Walsh JA (2007) Book Reviews: George W. Snedecor and William G. Cochran. Statistical Methods. (6th ed.) Ames, Iowa: The Iowa State University Press, 1967. Pp. xiv + 593. \$8.50. **Educational and Psychological Measurement**. DOI: 10.1177/001316446902900247

Wilson DE, Willham RL, Buttram ST, et al (1988) Genetics of Racing Performance in the American Quarter Horse: IV. Evaluation Using a Reduced Animal Model with Repeated Records. **Journal Animal Science**. 66:2817–2825.

Yorov, I., Kissyov, M., 1976. Heritability of some body measurements and speed in Thoroughbred horses. **Genet. Plant Breed.** (Sofia) 9, 480–487.