

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

**AVALIAÇÃO GENÉTICO-QUANTITATIVA DE
CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO EM CAVALOS DA RAÇA QUARTO DE
MILHA**

MÁRCIO JOSÉ MONTEIRO CORRÊA

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para a obtenção
do Título de Mestre.

Botucatu – São Paulo
Julho – 2005

**AVALIAÇÃO GENÉTICO-QUANTITATIVA DE
CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO EM CAVALOS DA RAÇA QUARTO DE
MILHA**

MÁRCIO JOSÉ MONTEIRO CORRÊA

Médico Veterinário

Orientador: Prof. Dr. MARCÍLIO DIAS SILVEIRA DA MOTA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, como parte das exigências para a obtenção do Título de Mestre.

Botucatu – São Paulo

Julho – 2005

DEDICATÓRIA

Primeiramente a **Deus**, por tudo se tornar possível; Aos meus pais **Sebastião** e **Ana Maria**, que sempre, de alguma forma, me deram suporte em minhas realizações; A minha esposa **Sandra**, pelo seu companheirismo, amor, paciência e cumplicidade dedicados em todas as minhas “caminhadas”.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcílio Dias Silveira da Mota, pela oportunidade, auxílio, compreensão, amizade e principalmente aos conselhos e paciência dedicados na orientação e desenvolvimento deste trabalho;

Aos Prof. Doutores, Henrique N. Oliveira e Evaldo A. L. Titto, pelas fundamentais contribuições que só enriqueceram o presente trabalho;

Ao grande amigo Alexandre Benedito Dias, que além de sua amizade tornou possível o desenvolvimento deste trabalho, pelo fornecimento dos dados;

A todos os professores que, com competência, dedicação e boa vontade, possibilitaram inestimável crescimento e amadurecimento intelectual;

Aos amigos, companheiros, colegas e funcionários do DMNA, principalmente aos Mestres Raul, Anderson, André (Splinter), André (Bin), às secretárias Seila e Carmem, que me auxiliaram na conclusão deste trabalho;

Aos meus colegas de trabalho Dra. Amanda F. L. Dias e Ederey E. Alvares, pelo suporte e paciência em minhas freqüentes ausências;

Aos meus colegas e mentores Dr. Stefano Hagen, Dr. Valdemar De Giuli, Dr. Edson Garcia Tosta e Dr. Marcelo Pinheiro;

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuiu para que este trabalho fosse concluído.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 -----	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS -----	2
Referências Bibliográficas -----	5
CAPÍTULO 2 -----	6
AVALIAÇÃO GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO EM CAVALOS DA RAÇA QUARTO DE MILHA -----	7
Resumo -----	7
Abstract -----	8
Introdução -----	9
Material e Métodos -----	10
Resultados e Discussão -----	12
Referências Bibliográficas -----	23
CAPÍTULO 3 -----	26
IMPLICAÇÕES -----	27

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O cavalo da raça Quarto de Milha teve sua formação na América do Norte, a partir do século XVII, com a introdução de eqüinos de origem árabe e turca, trazidos por colonizadores europeus. Contudo, seu maior desenvolvimento ocorreu com a ocupação do oeste Norte Americano, devido à necessidade de cavalos robustos e versáteis, com aptidão à sela e tração, visto a dificuldade de se manter um plantel variado de animais para as diversas necessidades. A população desses eqüinos cresceu, assim como o refinamento dos animais para as aptidões desejadas (versatilidade e agilidade), quando, em 1940, fundou-se uma associação de criadores, a *American Quarter Horse Association* (AQHA) (ABQM, 2005). Atualmente, conta, com aproximadamente 4,4 milhões de cavalos registrados em todo mundo junto ao seu *Stud Book* (AQHA, 2005), esse montante representa cerca de 8% do plantel de eqüinos ao redor do planeta, que está em torno de 55 milhões de cabeças de acordo com levantamento da FAO (2004). No Brasil possui cerca de 290.000 animais registrados junto a Associação Brasileira de Criadores de Cavalo Quarto de Milha (ABQM) desde sua fundação em 1969. Nesse sentido os cavalos Quarto de Milha têm impacto relevante junto à economia do agronegócio nacional, visto que estão avaliados em aproximadamente US\$ 600 milhões, distribuídos entre, pouco mais de, 40 mil criadores e proprietários pelo país, ocupando uma área de 390 mil hectares em propriedades rurais, avaliadas em US\$ 500 milhões. Para a manutenção desses animais, no que se refere apenas à alimentação, estima-se que o mercado de ração movimentado cerca de US\$ 18,7 milhões ao ano, gerando 140.000 empregos diretos, e muitos outros indiretos (ABQM, 2005).

Dentro da raça Quarto de Milha pode se verificar uma subdivisão em três segmentos de aptidão, consideradas linhagens; *Trabalho, Conformação e Corrida*.

A linhagem de Trabalho se destina às provas de caráter funcional, explorando habilidades como velocidade, agilidade e obediência, características consideradas de grande importância no manejo do gado a campo. Conformação enfatizando principalmente o aspecto morfológico do padrão racial, ao passo que a Corrida, explora a aptidão dos animais quanto à velocidade em pistas retas e de curta distância. Nesta última modalidade, apesar do efetivo de animais ser relativamente menor que as demais, nota-se substancial peso econômico, não somente por gerar renda por meio de premiações e apostas, mas também pelo elevado custo gerado na manutenção destes animais dentro desta modalidade esportiva.

Apesar da representatividade que a raça Quarto de Milha tem em relação ao criatório nacional, e até mesmo mundial, poucos estudos foram realizados no Brasil, com o objetivo de se estimar parâmetros genéticos para o desempenho em corridas (Mota *et al.* 1999, Villela *et al.* 2002, Mota e Corrêa 2005).

Na formação ou atualização de plantel, os criadores, em geral, dão importância secundária a avaliações objetivas de desempenho, utilizando basicamente o histórico de “pedigree”, e informações de colocações, que comumente estão disponibilizadas em caráter parcial, com ênfase nas corridas de maior premiação e/ou prestígio.

Um outro atributo seletivo para o Quarto de Milha de Corrida é a pontuação conhecida como Índice de Velocidade (IV), que é obtido durante sua campanha, com o intuito de classificar o desempenho do animal. Seu cálculo está relacionado com o tempo obtido na corrida ajustando-se para diferentes distâncias percorridas. Os animais com IV superior acabam sendo valorizados economicamente e são utilizados mais intensamente na reprodução e, portanto, interferindo na formação do plantel.

O IV foi criado nas corridas da raça Quarto de Milha com o intuito de permitir comparação de desempenhos entre os animais em diferentes condições (distâncias, hipódromo, clima, país) (Evans, 1989). Cada hipódromo tem sua própria tabela de IV, que é elaborada a partir da média das três vitórias mais rápidas (três melhores tempos) para cada um dos três últimos anos consecutivos, em cada distância, sendo que o valor da média desses nove tempos equivalerá ao IV igual a 100 (JCS, 2002). Os pontos de IV são inteiros e variam de acordo com o tempo, ao nível de centésimos de segundo, seguindo ajustes em acordo com a distância percorrida.

A tabela de IV (Tabela 1) faz a conversão do tempo em pontos do IV com ajustes pelas distâncias. Como exemplo, nas distâncias de 365 metros (m), 402m e 503m, a cada 4 centésimos de segundo, a mais ou a menos, que um animal obtém, em relação ao tempo que representa o índice de velocidade igual a 100, diminui-se ou acresce-se um ponto neste índice. Assim, ao se considerar que a média das nove vitórias (IV =100) foi de 22 segundos para os 402m, o animal cujo tempo se situe entre 22,01 e 22,04 terá IV igual a 99, se o tempo estiver entre 22,05 e 22,08 o IV será 98, e assim por diante. Por outro lado, se o tempo estiver entre 21,96 e 21,99 será acrescido em um ponto, obtendo o IV 101, e os que tiverem tempo entre 21,92 e 21,95 seus IV serão de 102 pontos, e assim sucessivamente a cada 4 centésimos de segundo a menos. Para distâncias menores a variação do IV ocorrerá em uma menor variação do tempo, em 320m se alternará a cada 3 e 4 centésimos de segundo, iniciando com 3 centésimos de segundo, enquanto que aos 301m e 275m será de 3 centésimos de

segundo e os 228m será a cada 2 centésimos de segundo. Essa tabela é válida para animais que correm carregando um peso mínimo de 53 Kg, e para aqueles com peso inferior, deve-se acrescentar 5 centésimos de segundo ao seu tempo, para cada quilo a menos, antes de consultar a tabela.

Tabela 1 – Esquema da variação para pontuação do índice de velocidade (IV), de acordo com a distância (metros), tendo como ponto de partida os tempos referentes ao IV igual a 100.

	Centésimos de Segundo			
	4	3 e 4*	3	2
	365	320	275	228
Distância (m)	402		301	
	503			

*alternados, iniciando-se com 3 centésimos.

Com o intuito de se estabelecer um registro para os desempenhos, criou-se o Registro de Mérito em Corridas (Tabela 2), atribuído aos animais com IV igual ou superior a 80 pontos (JCS, 2002):

Tabela 2 – Classificação do registro de mérito, de acordo com variação do IV

	Índice de Velocidade (Pontos)		
	80 a 90	91 a 99	>100
Registro de	AA	AAA	AAAT
Mérito	("Duble A")	("Triple A")	("Top Triple A")

Dentro deste contexto, seria de grande auxílio para o desenvolvimento de programas de seleção eficientes para o Quarto de Milha de corridas, o conhecimento de parâmetros genéticos relacionados ao IV e sua relação com o tempo nas diferentes distâncias a que esses animais são submetidos.

Nesse sentido, o presente trabalho tem por objetivo estudar genético-quantitativamente o IV de cavalos Quarto de Milha de corrida e suas relações com o tempo, em diferentes distâncias, a fim de direcionar os métodos de seleção mais apropriados para a criação nacional.

O Capítulo 2, denominado AVALIAÇÃO GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO EM CAVALOS DA RAÇA QUARTO DE MILHA,

tem por objetivo estudar herdabilidades (h^2), repetibilidades (t), tendências genéticas e correlações genéticas e fenotípicas do tempo e do IV, registrados em corridas de cavalos da raça Quarto de Milha, nas distâncias de 301m, 320m, 365m e 402m. Procurando dessa forma definir qual caráter de desempenho é mais apropriado a se utilizar na seleção desta raça. Estando em acordo com as normas de publicação no periódico, *Journal of Animal Breeding and Genetics*.

Referências Bibliográficas

AQHA - American Quarter Horse Association, In>http://www.aqha.com/association/pdf/annualreport_horsestats.pdf, 2005.

ABQM - Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Quarto de Milha, In><http://www.abqm.com.br/Raca/index.htm>, 2005.

EVANS, J. W. Horses: a guide to selection, care and enjoyment. 2^a. Ed., Texas, W. H. Freeman, 797p., 1989.

FAO, Food and Agriculture Organization of United Nations, Faostat Agriculture Data, [http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture\(2004\)](http://faostat.fao.org/faostat/collections?version=ext&hasbulk=0&subset=agriculture(2004))

JCS - Especial Quarto de Milha de Corrida. Jockey Club de Sorocaba. Sorocaba, 58p., 2002.

MOTA, M.D.S., VILLELA, L.C.D., OLIVEIRA, H.N., MOTA, L.S.L.S., EID, Y. Estimativas de herdabilidade e repetibilidade para colocação final em corridas de cavalos da raça Quarto de Milha. *Genetics and Molecular Biology*, v22, n° 3, suplemento, p.142, 1999.

MOTA, M. D. S., CORRÊA, M. J. M. Parâmetros genéticos para índice de velocidade em Quarto de Milha. *Archivos de Zootecnia* v.53, n204, 1-7, 2005.

VILLELA, L.C.V., MOTA, M.D.S., OLIVEIRA, H.N. Genetics parameters of racing performance traits of Quarter Horses in Brazil. *J. Anim. Breed. Genet.* 119(4), 229-234, 2002.

AVALIAÇÃO GENÉTICO-QUANTITATIVA DE CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO EM CAVALOS DA RAÇA QUARTO DE MILHA

Resumo

O objetivo deste estudo foi de estimar os parâmetros genéticos para características de desempenho em corridas de cavalos Quarto de Milha, no Brasil. Os dados fornecidos pelo Jockey Club de Sorocaba, envolveram três hipódromos brasileiros, entre os anos de 1994 a 2003, com 13.914 informações para tempo e 8.968 para o índice de velocidade (IV), distribuídos em 2817 e 2521 páreos, respectivamente. Os componentes de variância foram estimados pelo programa MTGSAM, em modelo animal, a análise considerou como efeitos aleatórios de animal e ambiente permanente, e os efeitos fixos de sexo, idade e páreo. As herdabilidades para o tempo e IV, para as quatro distâncias estudadas (301, 320, 365 e 402 metros) variaram, respectivamente, de 0,15 a 0,41 e 0,14 a 0,19 ao passo que as repetibilidades foram de 0,36 a 0,68 (tempo) e 0,28 a 0,42 (IV), as correlações genéticas de 0,62 a 0,97 (tempo) e 0,33 a 0,73 (IV).

QUANTITATIVE GENETIC EVALUATION OF PERFORMANCE TRAITS IN QUARTER HORSES

Abstract

The aim of this study was estimate genetic parameters for performance traits of Quarter Horses racing. The data were provide by Jockey Club of Sorocaba, with observations in three Brazilian's racing tracks, at the years ranged from 1994 to 2003, with 13,914 racing information for time and 8,968 for speed index (SI), in 2,817 and 2,521 races, respectively. The variance components were estimated by the program MTGSAM, by animal model, were consider randomly effects animal and permanent environment, as fixed effects sex, age and track. Heritability for time and SI, for all distances (301, 320, 365 and 402 meters) ranged, respectively, from 0.15 to 0.41 and 0.14 to 0.19, for repeatability were found values between, 0.36 to 0.68 (time) and 0.28 to 0.42 (SI). The genetic correlations were from 0.62 a 0.97 (time) and 0.33 to 0.73 (SI).

Introdução

Em 2004, a raça Quarto de Milha passou a liderar o “ranking” de comercialização de eqüinos em leilões no Brasil, ofertando 2.683 animais em 74 leilões, os quais movimentaram aproximadamente 11 milhões de dólares, ou 27% do total comercializado no País (Campos, 2005).

Caracterizado por sua versatilidade funcional, o cavalo Quarto de Milha apresenta aptidões em várias modalidades esportivas, como rédeas, laço, tambor, vaquejada, entre outras e também na sua utilização para trabalhos a campo. Apesar dessa variedade de atividades, tem como característica para sua seleção animais robustos e velozes. Tal fato acabou por destacar esses eqüinos em corridas de curta distância, o que, posteriormente, geraria uma linhagem dentro da raça (ABQM, 2002).

Nesse sentido, a raça Quarto de Milha, com o intuito de permitir a comparação de desempenhos entre animais que correm sob diferentes condições (distância, hipódromo, clima, país), criou um critério denominado Índice de Velocidade (Evans, 1989). Esse índice tem como base o tempo final em corrida, calculado a partir da média dos três melhores tempos, em cada um dos três últimos anos consecutivos, para cada distância, em cada hipódromo. Como o índice de velocidade (IV) expressa, de certa forma, o desempenho do cavalo, os criadores o utilizam como importante ferramenta na seleção dos plantéis.

No entanto, pouco se conhece acerca dos parâmetros genéticos deste índice e de suas relações genéticas com outras características de desempenho em corridas, passos fundamentais para a implantação de programas de seleção eficientes na raça.

Assim, o presente trabalho objetivou estudar genético-quantitativamente o IV de cavalos Quarto de Milha de corrida e suas relações com o tempo, em diferentes distâncias, a fim de direcionar os métodos de seleção mais apropriados para a criação nacional.

Material e Métodos

Os dados empregados neste estudo foram fornecidos pela secretaria do Jockey Club de Sorocaba, e envolveram desempenhos em corridas nos hipódromos de Sorocaba, Ribeirão Preto e Jaú, realizadas entre os anos de 1994 a 2003.

As características avaliadas foram: o tempo final nas corridas, em segundos, e o índice de velocidade (IV) em pontos, para as distâncias de 301, 320, 365 e 402 metros (m).

Foram estudados, na matriz de parentesco, 6.504 animais, produzindo 13.914 observações de tempo em 2.817 páreos e 8.968 de IV distribuídas em 2.521 páreos. Para o páreo ser englobado na análise deveria haver a participação de, no mínimo, 2 animais. Na elaboração dos arquivos das informações, a sua consistência, análise descritiva e estudo dos efeitos ambientais sobre as características avaliadas, foi utilizado o programa computacional SAS (1999).

Os componentes de variância necessários para a obtenção das herdabilidades e repetibilidades, foram estimados pelo programa MTGSAM (Multiple-Trait Gibbs Sampler For Animal Models), descrito por Van Tassel e Van Vleck (1995), sob modelo animal, em análises unicaráter. Posteriormente, a fim de se estudar as correlações genéticas e fenotípicas entre as características, empregou-se análise bicaráter (entre duas distâncias e entre mesmas distâncias para o tempo e IV). Em ambos os casos o modelo utilizado para análise dos dados foi:

$$Y = XB + Za + Zp + e$$

Onde:

Y = vetor de registros de tempo (s) e IV (pontos) a uma dada distância, ou entre duas distâncias e entre mesmas distâncias para o tempo e IV;

B = vetor de efeitos fixos de sexo (macho e fêmea), idade (2, 3 e 4 ou mais anos) e páreo;

a = vetor de efeitos genéticos aditivos associados aos registros em Y por Z ;

p = vetor de efeitos de ambiente permanente associado aos registros em Y por Z ;

X e Z = matrizes de incidências relacionando um particular registro a um determinado animal.

e = vetor de efeitos residuais.

Inferências a respeito da dispersão dos parâmetros foram efetuadas a partir das amostras posteriores. Obteve-se 2.005.000 amostras, descartando as 5.000

iniciais (“burn-in”), em seguida uma em cada 1.000 era armazenada para fins de inferência, totalizando 2.000 amostras disponíveis para a descrição da distribuição com a posterior.

O programa “Gibanal” versão 2.4 Vankaam (1998) foi utilizado preliminarmente para a análise das cadeias Gibbs a fim de se decidir o período de “burn in”, espaçamento do parâmetro da cadeia e número total de amostras. Para as variâncias e covariâncias genéticas aditiva, de meio permanente e residual, empregou-se “priors” não informativas (“flat”).

A herdabilidade foi obtida ao se dividir a estimativa da variância genética aditiva pela estimativa da variância fenotípica, enquanto que a repetibilidade a partir da razão da soma das estimativas da variância genética aditiva e de meio permanente pela estimativa da variância fenotípica.

As correlações entre as características foram obtidas a partir da seguinte

expressão:
$$r_{12} = \frac{\sigma_{12}}{\sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}}$$

Onde:

r_{12} = correlação genética ou fenotípica entre duas características;

σ_{12} = componentes de covariâncias genéticas aditivas e fenotípicas entre duas características;

$\sigma_1 \cdot \sigma_2$ = componentes de variâncias genéticas aditivas ou fenotípicas de cada uma das características.

Considerou-se zero a correlação ambiental entre as características, uma vez que corridas em diferentes distâncias ocorrem em ocasiões distintas, estando sujeitas a ambientes diferentes.

A partir dos valores genéticos preditos pelo programa, calcularam-se as tendências genéticas para as características estudadas como a regressão linear do valor genético médio a cada ano, sobre o ano de nascimento dos animais.

Objetivando verificar se a seleção indireta poderia ser mais efetiva que a direta para as características estudadas, empregou-se a seguinte equação (Van Vleck *et al.* 1987):

$$\frac{RC_{1(2)}}{RD_1} = r_{A1.A2} \cdot \frac{\sqrt{h_2^2}}{\sqrt{h_1^2}}$$

Onde:

$RC_{i(2)}$ = resposta correlacionada no caráter 1 quando se seleciona para o 2;

RD_1 = resposta direta em 1.

$r_{A1.A2}$ = correlação genética entre as duas características;

h_2^2 = herdabilidade do caráter 2;

h_1^2 = herdabilidade do caráter 1.

Resultados e Discussão

A partir da Tabela 3 pode-se observar a análise descritiva das características estudadas, onde nota-se a superioridade numérica nas informações provenientes de fêmeas, em todas as distâncias, tanto para tempo quanto para IV. Com respeito à distância constatou-se superioridade no número de observações para os 402m em tempo e IV, representando, respectivamente, 38,6% e 35,3% do total. O número médio de animais por páreo foi superior para o caráter tempo (4,9), em relação ao IV (3,5).

Tabela 3 - Análise descritiva das informações do número de observações, porcentagem de animais por sexo, número de páreos e média de animais por páreo, nas distâncias avaliadas.

Características	Número de Observações			Média Animais/Páreo	Número de Páreos
	Total	Macho (%)	Fêmea (%)		
Distância/Tempo					
301 m	2770	41	59	4,5	612
320 m	2039	38	62	4,9	414
365 m	3739	41	59	4,9	757
402 m	5366	42	58	5,2	1034
Total	13914				2817
Distância/IV					
301 m	1978	41	59	3,5	559
320 m	1193	38	62	3,4	352
365 m	2631	41	59	3,7	711
402 m	3166	43	57	3,5	899
Total	8968				2521

Os tempos médios obtidos, para 320, 365 e 402 metros (Tabela 4), foram superiores aos reportados por Buttram *et al.* (1988a), em cavalos Quarto de Milha

americanos, que encontraram, respectivamente, 18,74; 21,05 e 22,97 segundos. Por outro lado, nas mesmas distâncias, os coeficientes de variação relatados por estes autores (2,93%, 2,75% e 2,8%) foram inferiores aos deste estudo (4,17%, 4,26% e 4,33%), demonstrando que nos animais americanos existe menor dispersão de tempo em relação à média das características.

Como descrito na Tabela 4, os valores de IV apresentaram médias bastante próximas, em todas as distâncias, com valores ao redor de 90 pontos. Essa diferença ao redor de 10 pontos, em relação ao IV igual a 100 representa, em tempo, um desempenho médio, mais lento, em até 0,3 segundo para a distância mais curta (301m) e em até 0,4 segundo nas mais longas (365 e 402 m).

Tabela 4 – Médias observadas e respectivos desvios-padrão, coeficientes de variação (CV), valores mínimo e máximo e moda para as características analisadas.

Características	Média	CV (%)	Mínimo	Máximo
Distância/Tempo*				
301 m	17,64	3,92	16,33	20,76
320 m	19,07	4,17	17,33	22,48
365 m	21,26	4,26	19,35	26,68
402 m	23,44	4,33	21,19	28,47
Distância/IV**				
301 m	90,36	10,52	60	120
320 m	89,57	7,75	60	113
365 m	90,90	8,81	60	117
402 m	91,03	9,15	60	120

*Os valores de tempo são apresentados em segundos.

** Os valores de IV são dados em pontos.

A Tabela 5 ilustra a descrição dos páreos em relação às distâncias, com as porcentagens de animais que correram uma única distância, em relação ao total de cavalos que largou nesta distância (diagonal); as porcentagens de animais que correram a distância indicada na linha e distâncias superiores (acima da diagonal); e as porcentagens de animais que largaram nas distâncias apresentadas na linha com as distâncias inferiores (abaixo da diagonal). As porcentagens estão em relação ao total de largadas em cada distância. Assim, dos 1649 animais com desempenho em 301 metros, 714 (43,3%) competiram em 320 metros. Por outro lado, dos 1421 animais que largaram em 320 metros, 714 (50,3%) participaram também nos páreos de 301 metros.

Tabela 5 – Porcentagem de participação dos animais que largaram em uma distância (diagonal), animais que uma distancia menor e outra maior (acima da diagonal) e que largaram uma distancia maior e outra menor (abaixo da diagonal) em análise bicaráter.

Distância (m)	301	320	365	402
301	12,2	43,3	64,8	64,9
320	50,3	10,3	64,8	67,6
365	49,7	42,8	11,9	68,5
402	44,6	39,9	61,2	19,2

Ao contrário do observado por Mota *et al.*(2005) em cavalos Puro Sangue Inglês (PSI), os quais constataram diminuição na porcentagem de animais que largou uma única distância à medida que esta aumentava, a distância de um quarto de milha (402 metros), a maior analisada foi aquela em que a porcentagem de animais que larga em uma única distância é destacadamente superior (19,2%). Isto pode, em parte, ser explicado pelo fato de que, para o Quarto de Milha de corrida, as provas de maior importância se dão nessa distância, fato este, que acaba por elevar o contingente de animais oriundos de hipódromos não oficiais, a fim de participarem apenas nessas provas. Em relação a estes animais visitantes, há acentuação de outra situação, pois, agregam-se ainda mais animais, por páreo, sendo maior do que a quantidade de balizas, fazendo-se necessária a realização provas classificatórias. Uma vez que nessas provas apenas um animal por páreo classifica-se para correr novamente, o grupo não classificado retorna a sua origem, de onde, normalmente, não mais se obtém registros oficiais de seus desempenhos.

A maior porcentagem de participação em duas distâncias ocorreu entre animais que largaram em 365 metros e também 402 metros com 68,5%, ao passo que a menor se deu em cavalos que correm 402 metros e depois em 320 metros com 39,9%.

O número de animais que correram todas as distâncias entre 301 e 402 metros representou 23,8% dos que largaram em 301 metros, com tendência de crescimento à medida que o intervalo entre as distâncias diminuía. Assim, existem mais cavalos que correram, em 301m e 320m (43,3%) do que animais com desempenho em 301m e 365m (31,6%).

Como podem ser observados na Tabela 6, os componentes de variâncias genética aditiva e fenotípica para tempo em corridas variaram de modo semelhante,

mostrando tendências de aumentarem à medida que a distância da corrida crescia, sendo, em ambos os casos, 4,5 vezes maior em 402 metros do que em 301 metros. Excetuando-se os 320 metros, as variâncias genéticas aditivas foram superiores às relatadas por Villela *et al.* (2002), também com animais Quarto de Milha no Brasil, os quais estimaram em $0,0213s^2$, para distâncias compreendidas entre 275 e 503 metros.

É possível que parte desta diferença seja decorrente destes autores trabalharem com desempenhos ocorridos apenas em um hipódromo (Jockey Club de Sorocaba), e pelo fato de terem utilizado o Método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), o qual segundo Wright *et al.* (2000), em experimentos de seleção, gera-se variância genética aditiva consideravelmente menor que a obtida por Inferência Bayseana. Por outro lado, a variância de meio permanente estimada por Villela *et al.* (2002), $0,04786s^2$, é inferior somente à encontrada para a distância de 402 metros, indicando menor importância deste efeito em distâncias mais curtas, de forma semelhante ao concluído por Buttram *et al.*(1998b).

As estimativas de herdabilidade variaram de 0,15 (320m) a 0,41 (402m), não se observando tendência em diminuir de acordo com a distância, conforme relataram Oki *et al.*(1995), Williamson e Beilharz (1998) e Mota *et al.*(2005) em animais PSI.

Uma das considerações normalmente aventadas para explicar esta diminuição em animais PSI é o fato de, normalmente, começarem a correr nas distâncias mais curtas e, à medida que mostrem desempenho favorável, passam a disputar páreos em distâncias mais longas. No entanto, nas corridas de Quarto de Milha no Brasil isto parece não acontecer, uma vez que existe maior porcentagem de animais correndo somente 402 metros, do que cavalos apenas nos páreos mais curtos (Tabela 5).

Tabela 6 - Médias e respectivos, desvios-padrão (DP), valores mínimo e máximo, intervalos de maior densidade “a posteriori” com 90% de probabilidade (HPD 90%), das variância genética aditiva (σ^2_A), de meio permanente (σ^2_{MP}), residual (σ^2_R), fenotípica (σ^2_F), herdabilidade (h^2), repetibilidade (t), para o tempo (s) em cada distância (análise unicaráter).

Componente	Média	DP	Mínimo	Máximo	HPD90%
σ^2_A					
301	0,022	0,004	0,009	0,040	0,022 a 0,030
320	0,017	0,006	0,002	0,040	0,017 a 0,029
365	0,068	0,012	0,024	0,110	0,053 a 0,110
402	0,101	0,015	0,062	0,162	0,077 a 0,101
σ^2_{MP}					
301	0,009	0,004	0,000	0,025	0,009 a 0,010
320	0,014	0,007	0,000	0,038	0,013 a 0,026
365	0,013	0,008	0,000	0,047	0,038 a 0,047
402	0,065	0,011	0,028	0,105	0,065 a 0,083
σ^2_R					
301	0,054	0,003	0,045	0,066	0,054 a 0,058
320	0,083	0,006	0,063	0,104	0,075 a 0,104
365	0,087	0,005	0,074	0,103	0,087 a 0,095
402	0,079	0,003	0,069	0,092	0,079 a 0,084
σ^2_F					
301	0,085	0,003	0,070	0,097	0,079 a 0,094
320	0,114	0,004	0,101	0,133	0,108 a 0,133
365	0,168	0,006	0,151	0,191	0,160 a 0,191
402	0,245	0,008	0,219	0,273	0,245 a 0,259
h^2					
301	0,26	0,05	0,11	0,42	0,26 a 0,34
320	0,15	0,05	0,01	0,32	0,09 a 0,33
365	0,40	0,06	0,15	0,59	0,33 a 0,59
402	0,41	0,02	0,29	0,43	0,35 a 0,38
T					
301	0,36	0,04	0,24	0,51	0,29 a 0,36
320	0,27	0,06	0,11	0,44	0,20 a 0,44
365	0,48	0,04	0,34	0,61	0,43 a 0,61
402	0,68	0,02	0,61	0,73	0,65 a 0,68

A amplitude de variação encontrada para herdabilidade do tempo (0,15 a 0,41) engloba os valores reportados por Vilela *et al.*(2002), de 0,17 com cavalos Quarto de Milha e aos de Ojala (1987) (0,22 a 0,32) e Ojala e Van Vleck (1981) (0,15 a 0,41), ambos com cavalos trotadores de corrida. Contudo, as herdabilidades estudadas foram superiores às de cavalos PSI relatados por Oki *et al.*(1995) (0,12 a 0,15), Mota *et al.* (1998) (0,12) e Taveira *et al.*(2004) (0,08).

De modo geral estes resultados indicam que a seleção massal aplicada ao tempo de corrida em distâncias mais longas deve proporcionar ganhos genéticos superiores do que se for voltada para os páreos mais curtos.

Da mesma forma que a herdabilidade, as estimativas de repetibilidade mostraram-se superiores nas distâncias mais longas, com a maior aos 402 metros (0,68), em função de sua variância de meio permanente ser destacadamente superior às demais. Resultados opostos foram reportados por Oki *et al.*(1995), Williamson e Beilharz (1998) e Mota *et al.*(2005) em animais PSI, os quais encontraram diminuição neste coeficiente na medida em que a distância do páreo crescia. As repetibilidades para tempo, variaram de 0,27 a 0,68, amplitude maior do que a estimada por Park e Lee (1999) de 0,35 a 0,44, porém dentro das obtidas por Villela *et al.*(2002) de 0,55, Oki *et al.*(1995) 0,58 e Buttram *et al.*(1988b) 0,32. Por outro lado, foi parcialmente inferior às obtidas por Ojala e Van Vleck (1981) de 0,61 a 0,74, em *Standardbred*. Estes valores de repetibilidade indicam que para as distâncias mais longas, os primeiros desempenhos (tempo) dos animais devem ser um bom indicativo acerca dos futuros.

Observa-se que para todas as distâncias as contribuições para o desempenho em corridas se dão mais em função de seus genes (componentes aditivos) que do ambiente permanente.

As estimativas de herdabilidade em análises com um caráter (Tabela 6) foram sistematicamente menores do que na avaliação bicaráter (Tabela 7), sendo que esta diferença deveu-se basicamente a um aumento na estimativa da variância genética aditiva desta última.

As correlações genéticas, positivas em todas as características, variaram de 0,62 (entre as distâncias mais curtas) a 0,97 (entre as distâncias mais longas) indicando que, animais com alto valor genético para uma delas tendem também a ser superiores nas demais distâncias. Além disso, o tempo a 365 metros e 402 metros são basicamente do mesmo caráter, de modo que a seleção poderia ser aplicada a apenas um deles.

Considerando-se que o tempo aos 365 e 402 metros apresentaram estimativas de herdabilidade mais altas e semelhantes (análise bicaráter), constatou-se que a seleção aplicada a estas características deveria promover ganhos genéticos por seleção indireta, para o tempo aos 301 e 320 metros, superiores àqueles obtidos por seleção direta nestas características.

Para tempo aos 301 metros a seleção indireta a partir dos tempos em 365m e 402m seriam 9% mais rápida do que na forma direta, ao passo que para 320 metros, a eficiência seria 17% e 16%, respectivamente.

Tabela 7 – Estimativas das herdabilidades (diagonal), as correlações genéticas (acima da diagonal) entre os tempos em duas distâncias (análise bicaráter).

Distância	301 m	320 m	365 m	402 m
301 m	0,30	0,62	0,90	0,90
320 m		0,25	0,88	0,87
365 m			0,44	0,97
402 m				0,44

As estimativas de tendência genética para tempo nas deferentes distâncias estão ilustradas na Figura 1. Em todas elas evidenciou-se melhora no tempo ao longo do período estudado, ao contrário do observado por Oki *et al.*(1995) e Mota *et al.*(2005) em PSI onde houve tendência dos ganhos genéticos aumentarem de acordo com o crescimento da distância de corrida.

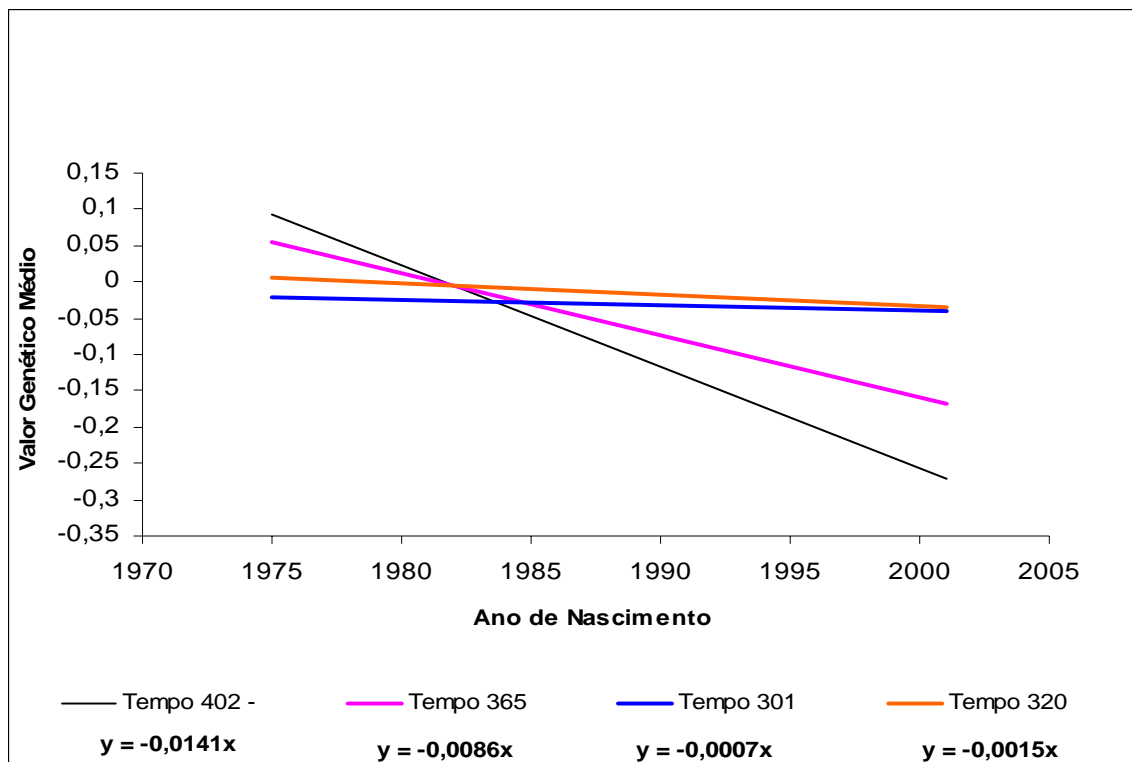


Figura 1 – Regressão do valor genético médio do tempo (s) sobre ano de nascimento dos animais.

Em Quarto de Milha americanos, Wilson *et al.*(1988) encontraram tendência genética superior para tempo nas distâncias de 320 e 366 metros (-0,0088s e -0,0090s, respectivamente), mas inferior para os 402 metros (-0,0037s), concluindo que o progresso nesta distância não é tão elevado quanto no conjunto de todas as distâncias. Por outro lado, os resultados da presente pesquisa indicam o oposto, ou seja, o ganho aos 402 metros deve ser maior que das outras distâncias. Em relação à média da população (23,44s) a taxa de resposta genética anual para esta distância representou aumentos anuais de 0,06%, mas que se comporta de maneira crescente à medida que as distâncias aumentam (301m: 0,004%, 320m: 0,008% e 365m: 0,04%). Com relação ao desvio padrão fenotípico, estas taxas, segundo a ordem de apresentação anterior, representaram 2,8%, 2,1%, 0,45% e 0,3%. Estes valores são inferiores aos reportados por Arnason (1997) em trotadores *Standardbred* na Suécia (6%), mas estão próximos aos encontrados por Wilson *et al.*(1988) em animais Quarto de Milha (0,06% a 1,8%).

Tabela 8 – Médias e os respectivos desvios-padrão (DP), valores mínimos e máximos, intervalos de maior densidade “a posteriori” com 90% de probabilidade (HPD 90%), das variâncias genética aditiva (σ^2_A), de meio permanente (σ^2_{MP}), residual (σ^2_R) e fenotípica (σ^2_F), herdabilidade (h^2), repetibilidade (t) para o índice de velocidade (IV) em cada distância (análise unicaráter).

Componente	Média	DP	Mínimo	Máximo	HPD90%
σ^2_A					
301	4,186	1,395	1,017	10,480	4,054 a 6,639
320	4,169	1,584	0,721	10,500	3,954 a 7,065
365	5,258	1,278	1,928	9,822	5,171 a 7,412
402	6,613	1,639	2,273	12,542	6,527 a 9,497
σ^2_{MP}					
301	4,161	1,634	0,012	10,352	4,132 a 6,817
320	3,251	1,967	0,000	9,727	3,123 a 6,745
365	2,236	1,236	0,001	7,416	2,136 a 4,415
402	8,266	1,615	3,321	14,716	8,274 a 10,980
σ^2_R					
301	21,570	1,358	16,495	27,040	21,503 a 23,915
320	16,443	1,734	11,273	22,580	16,388 a 19,324
365	19,955	1,058	16,633	23,756	18,188 a 19,952
402	20,657	0,958	17,643	24,358	20,624 a 22,274
σ^2_F					
301	29,917	1,205	25,745	33,527	29,856 a 32,008
320	23,862	1,263	19,988	28,848	23,784 a 26,031
365	27,449	1,006	24,223	31,395	27,412 a 29,144
402	35,536	1,276	31,047	40,109	35,508 a 37,676
h^2					
301	0,14	0,05	0,04	0,33	0,14 a 0,22
320	0,17	0,06	0,03	0,40	0,17 a 0,28
365	0,19	0,04	0,07	0,35	0,12 a 0,19
402	0,19	0,04	0,06	0,35	0,18 a 0,26
t					
301	0,28	0,05	0,12	0,47	0,21 a 0,28
320	0,31	0,07	0,09	0,56	0,19 a 0,31
365	0,27	0,04	0,15	0,40	0,27 a 0,34
402	0,42	0,03	0,31	0,52	0,37 a 0,42

Apesar das estimativas de herdabilidade mostrarem-se ligeiramente superiores nas distâncias mais elevadas (365 e 402 metros), em nenhuma delas a intensidade de relação entre os valores genéticos e o desempenho mostrou magnitude suficiente para que a seleção baseada no fenótipo individual dos animais seja eficiente. Tal fato já havia sido constatado por Mota e Corrêa (2005), também em Quarto de Milha no Brasil, utilizando a Metodologia da Máxima Verossimilhança Restrita, que estimaram

entre 0,01 (320 metros) e 0,13 (365 metros) as herdabilidades para este índice. Apesar do valor de herdabilidade ser reduzido, isso não significa que, não possa ocorrer progresso genético da característica, uma vez que esta pode ser mensurável diversas vezes no mesmo animal, possibilitando aumentar a precisão de seleção e conseqüentemente a respectiva resposta.

Assim como para tempo, a repetibilidade do índice de velocidade foi superior para 402 metros (0,42) principalmente em razão de sua variância de meio permanente ser de 2 a 4 vezes superior às demais. Considerando que a repetibilidade envolve a correlação entre um único registro (valor fenotípico) e a capacidade de produção dos animais para um caráter repetível, as estimativas encontradas sugerem que mais de uma informação de IV, excetuando-se 402 metros, deve ser levada em consideração quando se pretender descartar animais com base neste caráter.

Novamente excluindo-se os 402 metros, observou-se que nas demais distâncias as contribuições para IV são mais em função dos componentes aditivos do que do ambiente permanente dos animais.

As estimativas de herdabilidade em análises bicaráter e correlações genéticas do IV, em duas diferentes distâncias são apresentadas na tabela 9.

As estimativas de herdabilidade entre as análises unicaráter e as avaliações bicaráter, mostraram-se bastante similares para todas as distâncias consideradas.

Tabela 9 - Estimativas de herdabilidade (diagonal) e correlações genéticas (acima da diagonal) entre os índices de velocidade, em duas distâncias (análise bicaráter).

Distâncias	301 m	320 m	365 m	402 m
301 m	0,14	0,33	0,67	0,56
320 m		0,18	0,35	0,64
365 m			0,18	0,73
402 m				0,19

Da mesma forma que o tempo, as correlações genéticas (positivas entre todas as características) foram inferiores quando consideradas as duas distâncias mais curtas (0,33), e superiores nas duas mais longas (0,73), sugerindo que a seleção para se melhorar o IV em determinada distância provocaria, em maior ou menor intensidade, alteração genética favorável nas demais.

Por outro lado, ao contrário do tempo, a seleção direta aplicada a qualquer uma das características relacionadas ao IV seria sempre mais eficiente que a indireta.

As estimativas de tendência genética para o IV nas diferentes distâncias são ilustradas na Figura 2. Em todas elas constatou-se melhora no IV ao longo dos anos estudados.

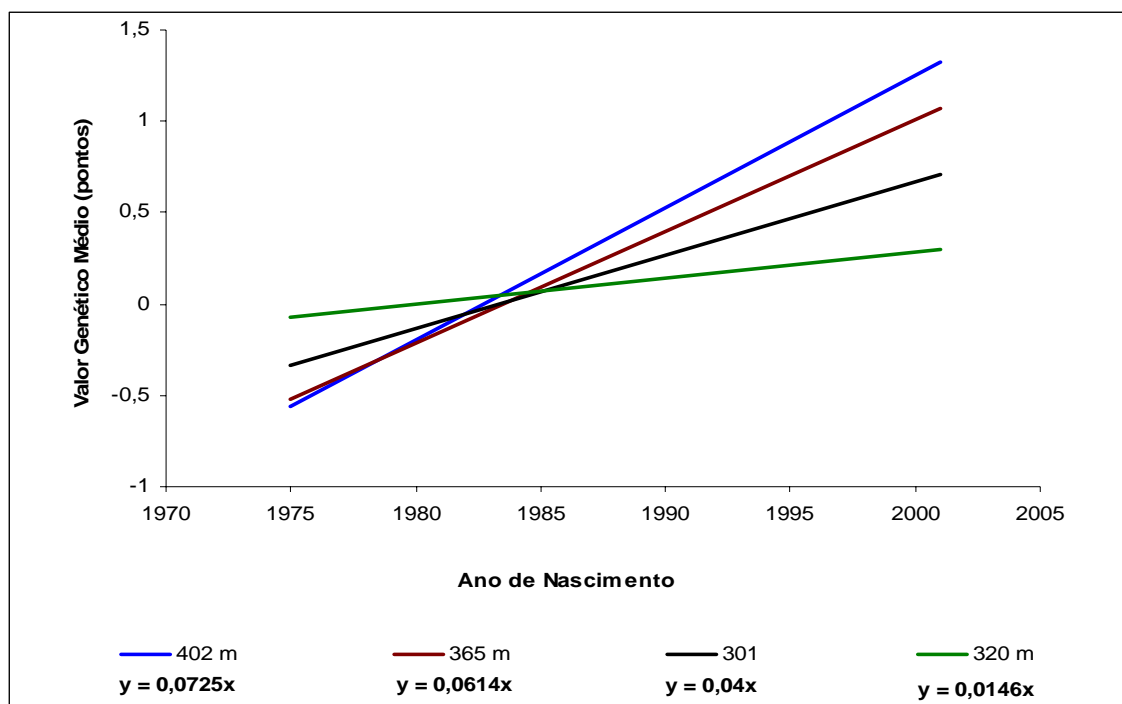


Figura 2 – Regressão do valor genético médio do índice de velocidade sobre ano de nascimento dos animais.

Assim como o tempo, as taxas de respostas genéticas anuais foram superiores para as distâncias mais longas (365m e 402m), representando 0,067% e 0,08% em relação às médias das respectivas características. Com relação ao desvio padrão fenotípico, estas distâncias, novamente apresentam ganhos superiores (1,17% e 1,22% respectivamente).

As correlações genéticas entre o tempo e IV, considerando-se as mesmas distâncias, foram todas acima de -0,99, indicando que estas características na verdade se comportam como uma única, e a seleção para apenas uma delas seria necessária.

Ao avaliar-se a resposta correlacionada entre IV e tempo, demonstrou-se ganho de IV, em resposta a seleção pelo tempo, 34,9%, 43,5% e 45,4% mais eficientes aos 301, 365 e 402 metros (respectivamente), do que se fizesse diretamente pelo IV.

Somente aos 320metros, a seleção direta pelo IV seria superior em 5,4% do que a indireta pelo tempo.

Referências Bibliográficas

ARNASON, T. The selection intensity in Standardbred trotters in Sweden as measured by BLUP animal model index. In: 48th Annual Meeting of the European Association of Animal Production, Vienna Austria, August, 1997.

ABQM - Anuário Quarto de Milha. Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Quarto de Milha, 25p., 2002.

BUTTRAM, S. T., WILHAM, R.L., WILSON, D. E., HEIRD, J. C. Genetics of racing performance in the American Quarter Horse: I. Description of Data. J. Anim. Sci. 66: 2791-2799, 1988a.

BUTTRAM, S. T., WILSON, D. E., WILHAM, R.L. Genetics of racing performance in the American Quarter Horse: III. Estimation of variance components. J. anim. Sci. 66: 2808-2816, 1988b.

CAMPOS, J.M.N. Balanço anual mostra estabilidade nas vendas. Revista DBO, No 291, p.137-139, 2005.

MOTA, M. D. S., OLIVEIRA, H. N., SILVA, R. G. Genetic and environmental factors that affect the best time of Thoroughbred horses in Brazil. J. Anim. Breed. Genet., 115, 123-129, 1998.

MOTA, M. D. S., CORRÊA, M. J. M. Parâmetros genéticos para índice de velocidade em Quarto de Milha. Archivos de Zootecnia v.53, n204, 1-7, 2005.

MOTA, M. D. S., ABRAHÃO A.R., OLIVEIRA, H. N. Genetic and environmental parameters for racing time at different distances in Brazilian Thoroughbred: J. Anim. Breed. Genet. (no prelo), 2005.

OJALA, M. J., VAN VLECK, L.D. Measures of racetrack performance with regard to breeding evaluation of trotters. *J. Anim. Sci.* v.53, n.3, p.611-619, 1981.

OJALA, M. Heritabilities of annually summarized race records in trotters. *J. Anim. Sci.*, 64, 117-125, 1987

OKI, H.; SASAKI, Y., WILLHAM, R. L. Genetic parameter estimates for racing time by restricted maximum likelihood in the Thoroughbred horse of Japan. *J. Anim. Breed. Genet.*, 112, 146-150, 1995.

PARK, K. D., LEE, K. J. Genetic evaluation of Thoroughbred racehorses in Korea. *Korean Journal of Animal Science*, v.41, n.2, 135-140, 1999.

SAS User's Guide: Basics and Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 956p., 1999.

TAVEIRA, R.Z., MOTA, M.D.S., OLIVEIRA, H.N. Population parameters in Brazilian Thoroughbred. *J. Anim. Breed. Genet.*, 121(6), 384-391, 2004.

VANKAAM, J.B.C.H.M. 1998. Disponível: www.student.Wau.nl/~janthijs/breedingsite/edagibanal.html. Acessado em 3 de novembro de 2004.

VAN TASSELL, C. P., VAN VLECK, L. D. A manual for use of MTGSAM. A set of FORTRAM programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation [DRAFT] U.S. Department of agriculture, Agriculture. Agricultural Research Service. 1995.

VAN VLECK L. D., POLLAK J., OLTENACU E. A. B. *Genetics for the Animal Sciences*. New York, W H Freeman and Company, 391p., 1987.

VILLELA, L.C.V., MOTA, M.D.S., OLIVEIRA, H.N. Genetics parameters of racing performance traits of Quarter Horses in Brazil. *J. Anim. Breed. Genet.*, 119(4), 229-234, 2002.

WILLIAMSON, S. A., BEILHARZ, R. G. The inheritance of speed, stamina and other racing performance characters in the Australian Thoroughbred. *J. Anim. Breed. Genet.*, 115, 01-16, 1998.

WILSON, D. E., WILHAM, R.L, BUTTRAM, S. T., HOEKSTRA, J. A, LUECKEE, G. R. Genetics of racing performance in the American Quarter Horse: IV. Evaluation using a reduced animal model with repeated records. *J. anim. Sci.* 66: 2817-2825, 1988.

WRIGHT, D. R., STERN, H. S., BERGER, P. I. Comparing Traditional and Bayesian Analyses of Selection Experiments in Animal Breeding. *Journal of Agricultural, Biological and Environmental Statistics*, V.S. n. 2, p.240-256, 2000.

IMPLICAÇÕES

Embora os criadores de cavalos da raça Quarto de Milha de corrida no Brasil, se baseiem na idéia de que o IV é um caráter altamente herdável, usando-se dele como fator somatório ao processo de seleção ou descarte de seus animais, a presente pesquisa mostra o contrário. O IV possui baixa herdabilidade, dificultando a seleção dos animais baseando-se neste desempenho individual. As informações de parentes podem auxiliar na identificação dos animais geneticamente superiores e melhorar a resposta à seleção deste caráter.

Considerando que a correlação genética entre o tempo e o índice de velocidade foi acima de -0,99 para todas as distâncias; que o tempo apresenta herdabilidade mais alta que o IV; e ainda que Villela *et al.* (2002) já haviam discutido que a seleção pelo o tempo seria mais eficiente do que pela colocação, conclui-se que o tempo final em corridas de cavalos Quarto de Milha, no Brasil, deve ser o caráter de escolha para seleção, quando se tiver por objetivo melhorar o desempenho em pista. Além disso, o fato de que o tempo em distâncias de 365m e 402m apresentarem correlações genéticas próximas à unidade, e que suas correlações com as demais distâncias são relativamente elevadas, sugere-se, portanto, direcionar a seleção para tempo nas distâncias de 365 metros e 402 metros, obtendo-se ganho genético favorável nas demais distâncias.

Estes resultados sugerem que os criadores de Quarto de Milha no Brasil podem realizar melhor trabalho na identificação dos animais geneticamente superiores em distâncias de corridas mais longas. No entanto, é importante ressaltar que embora tenha ocorrido melhora no tempo em todas as distâncias, ao longo do período estudado, as tendências genéticas poderiam ser acentuadas se, no país, a seleção em Quarto de Milha de corrida considerasse efetivamente o caráter tempo.