

AVALIAÇÕES GENÉTICAS PARA ALTURA DE CERNELHA E FUNCIONALIDADE DA MARCHA EM EQUINOS DA RAÇA CAMPOLINA

(Genetic evaluations for withers height and gait functionality in Campolina horses)

Hanna Gabriela Oliveira MAIA*; Ludmilla de Fátima Leal PEREIRA;
Laydiane de Jesus MENDES; Letícia Ferrari CROCOMO; Raphael
Rocha WENCESLAU; Neide Judith Faria de OLIVEIRA

Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Avenida
Universitária, 1.000, Bairro Universitário, Montes Claros/MG. CEP: 39.404-547

*E-mail: hannagabrielamaia@hotmail.com

RESUMO

As avaliações genéticas permitem compreender a evolução da raça e a importância dos componentes genéticos sobre a variação fenotípica das características de interesse de produção em animais. Objetivou-se, com este trabalho, estimar a tendência genética, a herdabilidade e a correlação genética para altura de cernelha e funcionalidade da marcha em equinos brasileiros da raça Campolina. A Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Campolina disponibilizou 107.630 dados de animais registrados desde 1951 até julho de 2016. As avaliações genéticas foram obtidas por modelo animal uni-característico, para altura de cernelha, com dados de 11.765 indivíduos, e bi-característico, para os atributos de qualidade de marcha, que são: comodidade, desenvolvimento, dissociação, estilo e regularidade, pertencentes a 2.148, 2.148, 2.145, 2.125 e 2.148 equinos, respectivamente. Incremento genético de 3,88cm foi observado para altura de cernelha ao longo dos anos, sugerindo a eficiência de seleção para porte elevado no Campolina. Não foi verificada evolução genética nos atributos de marcha, podendo indicar necessidade de melhoria nos processos de avaliação e seleção dos animais para maior comodidade e desenvoltura desse andamento. Verificou-se herdabilidade igual a 0,37 para altura de cernelha e 0,77 para dissociação, além de herdabilidades de comodidade, desenvolvimento, estilo e regularidade iguais a 0,15, 0,23, 0,22 e 0,28. Os resultados indicam que essas características podem ser utilizadas como critério de seleção para melhor qualidade de marcha. As correlações genéticas verificadas entre a medida linear e todos os atributos de marcha foram de baixa magnitude, variando entre -0,01 e 0,05. Desta forma, é sugerido que a seleção para altura na cernelha exerce baixa influência sobre os ganhos genéticos em atributos de marcha.

Palavras-chave: Marcha, correlação genética, herdabilidade, tendência genética.

ABSTRACT

Genetic evaluations allow to describe the genetic evolution of a breed and to understand the importance of the genetic variability on the phenotypic variance of a production interesting trait. This study aimed to estimate genetic tendency, heritability and genetic correlation for withers height and gait functionality traits in Brazilian Campolina horses. The Brazilian Association of Campolina Horse Breeders provided 107,630 records from registered animals born from 1951 until July 2016. Genetic evaluations were obtained by uni-trait animal model, for withers height using data from 11,765 individuals, and bi-trait models for attributes of gait quality: comfort, reach, dissociation, style and regularity, belonging to 2,148, 2,148, 2,145, 2,125 and 2,148 horses, respectively. A genetic increase of 3.88cm was observed for withers height over the years, suggesting the efficiency of selection for high height in Campolina. There was no genetic evolution in the gait attributes, which may indicate the need for improvement in the evaluation and selection processes of the animals for greater comfort and range of their gait. Heritability equal to 0.37 and 0.77 was observed for withers height and dissociation. Comfort, reach, style and regularity showed heritabilities of 0.15; 0.23; 0.22 and 0.28, respectively. The results indicate that these characteristics can be used as selection criteria for better gait quality. The genetic correlations observed between the linear measurement and all gait attributes were low varying between -0.01 and 0.05. Therefore, the selection for withers height would have little influence on the genetic gains in gait attributes.

Keywords: March, genetic correlation, heritability, genetic trend.

INTRODUÇÃO

Com origem registrada na era cenozóica, há aproximadamente 55 milhões de anos, os equinos resultaram de adaptações ambientais por busca de alimentos, resistência a doenças e sobrevivência ao ataque de predadores (ROSA, 2013). Pertencentes ao gênero *Equus*, esses mamíferos foram utilizados para transporte desde os primórdios da domesticação em trabalhos agrícolas e como fonte de alimento para o ser humano. Com o passar dos anos, foram selecionados para desenvolver habilidades esportivas em provas de saltos e competições de velocidade (BERBARI NETO, 2005).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), o rebanho equino chegou a aproximadamente 5,9 milhões de animais, garantindo, assim, representatividade nacional em âmbito econômico e social. Dentre os estados, Minas Gerais se mantém como o maior plantel equestre do Brasil, com 874.513 mil equinos, representando 15,2% do rebanho nacional, segundo a Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA-MG, 2019).

Dentre as raças equinas criadas em Minas Gerais, a Campolina possui importância no estado em função do efetivo atual, com 41.493 animais, fato relacionado à origem da mesma na cidade de Entre Rios de Minas, datada em 1870, conforme Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Campolina (ABCCCAMPOLINA, 2018). A partir de acasalamentos de éguas naturalizadas e cavalos ibéricos, Cassiano Campolina buscava selecionar animais de porte alto, resistentes e marchadores. Admitia-se ampla variedade de pelagens, medidas e proporções lineares harmônicas, além de funcionalidade para o andamento marchado (FONTES, 1957), atributos valorizados até os dias atuais, inserindo-o em diversas atividades como esporte, lazer e tração (ABCCCAMPOLINA, 2018).

Características fenotípicas passíveis de mensurações, como medidas de alturas, comprimentos e perímetros, constam nos requerimentos para registro genealógico, além de informações referentes ao *pedigree* e avaliações quanto ao andamento e atributos da marcha. O andamento marchado pode ser avaliado de acordo com características de comodidade (COM), regularidade (REG), desenvolvimento (DES), dissociação (DIS) e estilo (EST) (ABCCCAMPOLINA, 2017).

Sabe-se que avaliações de tendências genéticas são importantes para compreender modificações e progresso genético das características estudadas ao longo do tempo, além da contribuição para orientar ações futuras (COSTA *et al.*, 2001). Consonante a isso, a herdabilidade têm por finalidade estimar a viabilidade quanto ao uso de determinado atributo para ser selecionado, apresentando a proporção das variâncias fenotípicas e genotípicas (ALBERTSDÓTTIR *et al.*, 2008). Outro parâmetro genético de grande relevância trata-se da correlação genética, por meio da qual é possível auxiliar a escolha de determinada característica visando a melhoraria de outra, e pode gerar acasalamentos certos que contribuem geneticamente para evolução dos plantéis (VICENTE *et al.*, 2014).

Dessa forma, objetivou-se estimar tendência genética, herdabilidade e correlação genética para características de altura de cernelha e funcionalidade da marcha em equinos da raça Campolina. Com intuito de apresentar melhores perspectivas aos criadores e buscar ampliar o conhecimento, pois estas avaliações podem interferir nas atividades para as quais a raça foi destinada. Sendo, portanto, necessárias para compreensão da evolução da raça,

herdabilidade dos fenótipos aos descendentes, mudanças no padrão racial e efeito da correlação genética entre as características.

MATERIAL E MÉTODOS

Dados da população

Os dados genealógicos referentes à população nacional Campolina foram obtidos junto à Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina (ABCC), que dispõe de 107.630 animais, com registros desde 1951, ano de fundação da associação, até julho de 2016. As informações que foram utilizadas constam nos livros provisórios e definitivos, com genealogia conhecida, sendo o número 01 para registro provisório dos machos; o 02 de registro provisório das fêmeas; o quinto livro fechado para registro definitivo dos machos; o sexto livro fechado para registro definitivo das fêmeas; e o 08 para registro definitivo dos machos castrados. Além dos livros definitivos abertos com genealogia parcialmente conhecida, sendo o de número 03 com registro definitivo dos machos e 04 com registro definitivo das fêmeas.

Análises

Os dados foram processados no Laboratório de Análises de Dados do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais. Foi realizada, primeiramente, no Microsoft Excel (2007), análise de consistência das informações constantes no arquivo zootécnico. Para as avaliações dos parâmetros genéticos dos equinos Campolina, utilizou-se para altura de cernelha (ACER) mensurada ao registro dados de 11.765 indivíduos, além dos atributos de comodidade (COM), desenvolvimento (DES), dissociação (DIS), estilo (EST) e regularidade (REG), pertencentes a 2.148, 2.148, 2.145, 2.125 e 2.148 equinos, respectivamente. Ambas as características foram obtidas por técnicos credenciados da associação. As pontuações de andamento são avaliadas em escala de 1 a 60 para COM, 1 a 30 para DES, 1 a 40 para DIS, 1 a 40 para EST e 1 a 30 para REG, de forma que notas maiores indicam expressão próxima do ideal, conforme a AABCCCampolina (2017).

As observações que estiveram fora do intervalo de avaliação para as características de andamento, com desvio padrão maior ou menor que três e meio em relação à média da população para ACER, foram descartadas. Sendo considerados apenas os dados obtidos após 2006, último ano de padronização das avaliações técnicas das características de qualidade de andamento, e mantidos no regulamento em vigor de 2017, de acordo com a AABCCCampolina (2017).

Análise Estatística

As análises foram realizadas com auxílio do *software* Statistical Analysis System 9.4 (SAS INSTITUTE, 2014). Para determinação dos componentes de covariância, foi aplicado o método da Máxima Verossimilhança Restrita, por meio do *software* REMLF90 (MIZSTAL *et al.*, 2015). Para obter as estimativas de herdabilidades e correlações genéticas, adotou-se o modelo animal uni-característico, para a herdabilidade de ACER, e bi-característico, para a herdabilidade dos atributos de qualidade de andamento e correlações genéticas.

O modelo bi-característico pode ser descrito, de forma geral, em notação matricial, como: $y_i = X_i b_i + Z_i a_i + e_i$, em que y_i é o vetor de observações, b_i é o vetor de efeitos fixos (grupo contemporâneo, categoria animal, idade de registro, ano de registro e técnico de registro), a_i é o vetor de efeitos aleatórios genéticos aditivos, e_i é o vetor de resíduos. X_i e Z_i são matrizes de incidência de b_i e a_i , cada um deles atribuídos especificamente à característica i , $i = 1, 2$. Admitindo-se a distribuição normal conjunta dos vetores aleatórios y , a e e , assumiu-se as seguintes pressuposições:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} Xb \\ \Phi \\ \Phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ'+R & ZG & R \\ GZ' & G & \Phi \\ R & \Phi & R \end{bmatrix} \right\},$$

em que

$$G = A \otimes G_0:$$

A = matriz dos numeradores dos coeficientes de parentesco de Wright, simétrica de ordem n ;

G_0 = matriz simétrica de ordem v , que contém componentes de variância e covariância genética aditiva entre as v características.

$$R = I \otimes R_0:$$

I = matriz de identidade de ordem n ;

R_0 = matriz simétrica de ordem v , que contém componentes de variância e covariância residual entre as v características;

Φ = vetor ou matriz nula.

A herdabilidade das características foi obtida pela razão da estimativa de variância genética aditiva e de variância fenotípica, sendo essa a soma da variância genética aditiva mais a residual. As correlações genéticas foram obtidas pela razão entre a covariância genética aditiva entre o par de características e a multiplicação dos desvios de padrão genéticos aditivos das mesmas características.

No modelo misto, foi utilizado apenas o valor genético dos indivíduos para avaliação de ACER, considerando como efeitos fixos as seguintes categorias animais: macho ganhão; macho castrado ou fêmea; idade de registro: entre três e quatro, entre quatro e cinco ou acima de cinco anos; o ano de registro; e o grupo contemporâneo com três ou mais animais formado por ano de nascimento, propriedade e estação de nascimento. Para as características de andamento, o técnico responsável pelo registro dos dados foi considerado como efeito fixo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendência genética da altura de cernelha e pontuações de andamento

A avaliação da tendência genética verificada na raça Campolina é utilizada para prever a evolução da ACER ao longo do tempo (Fig. 01). Desde 1985 houve aumento para essa característica com incremento no valor genético significativo, pois no ano de fundação da ABCCCampolina em 1951, a média dos valores genéticos da raça foi de mais de 0,02cm e em 2015 esse valor atingiu acréscimo de 3,88cm (ABCCAMPOLINA, 1951).

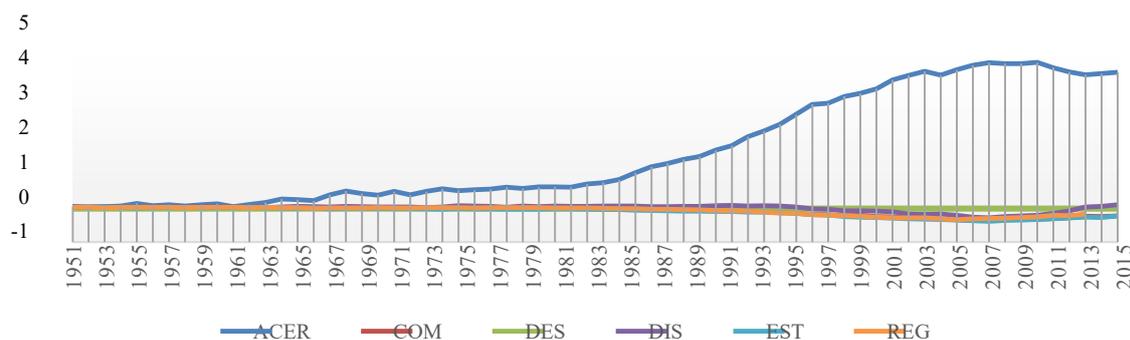


Figura 01: Tendência genética de altura de cernelha e pontuações de andamento de equinos Campolina.

Obs.: ACER = altura de cernelha, COM = comodidade, DES = desenvolvimento, DIS = dissociação, EST = Estilo, REG = regularidade. A unidade do eixo y é cm para altura de cernelha e pontuação para as outras características.

Costa *et al.* (2001) relataram herdabilidade igual a 0,52, ao estimar herdabilidade para ACER e altura de garupa em Pôneis de raças nacionais. Os autores observaram que existem tendências favoráveis objetivando animais de menor estatura, pois essa característica é desejável para os Pôneis brasileiros, tendo como finalidade a redução proporcional dos animais, característica esta que é valorizada no mercado para animais dessa raça (COSTA *et al.*, 1998 e 2001). Diferentemente da raça Campolina, a qual preconiza animais de porte mais alto (AVCCAMPOLINA, 2018).

Dessa forma, a seleção imposta para a raça está relacionada ao aumento e manutenção da altura elevada, como é observado nos resultados obtidos por Bussiman *et al.* (2018). Estes relataram tendências genéticas favoráveis para a raça Campolina, sendo verificado aumento de 0,02 a 0,03cm, por ano, para ACER e demais características de altura, avaliando animais registrados entre 1951 e 2016.

Na raça Campolina, as alterações nas ACER, registradas no SRGCC, progrediram de 2006 para o ano de 2017, com modificações nas alturas mínimas aceitas para machos e fêmeas a partir dos 36 meses, além das alturas ideais, conforme disposto na Tab. 01. Houve aumento de 0,2cm na altura mínima e ideal para macho e na altura ideal para fêmea, contudo, a altura mínima aceita para fêmeas apresentou redução de 0,5cm, favorecendo o que é preconizado pela ABCCCampolina atualmente (ABCCAMPOLINA, 2006; 2017).

Tabela 01: Progressão da altura mínima e ideal para machos e fêmeas da raça Campolina.

Ano	Altura mínima Machos (metros)	Altura ideal Machos (metros)	Altura mínima Fêmeas (metros)	Altura ideal Fêmeas (metros)
1938	1,48	1,55	1,45	1,52
1990	1,52	1,60	1,45	1,54
2006	1,54	1,62	1,45	1,56
2017	1,52	1,60	1,50	1,54

Fonte: (ABCCAMPOLINA, 1938; 1990; 2006; 2017).

De acordo com Sousa *et al.* (2018), a partir de avaliações de medidas morfométricas, em equinos Campolina de ambos os sexos, e tipos de marcha, verificou-se que a maioria das

medidas de ta manho de comprimento e altura foram menores em animais vencedores das competições, estando relacionadas com a melhor dinâmica de locomoção e proporcionalidade com outras mensurações que esses animais apresentam. Por isso, são amplamente utilizados na reprodução para obtenção de animais com melhor conformação.

Em estudo com equinos Puro Sangue Lusitano, foi verificado aumento de 0,006cm ao ano para característica de ACER, o qual demonstra relação com definições estipuladas no padrão racial que visam a uniformidade de tamanho, explanando dessa forma valor irrisório encontrado. Quanto às características de andamento, é possível averiguar ganhos genéticos reduzidos, em consequência à maior pressão de seleção da raça Puro Sangue Lusitano especialmente para o registro de ganhões, sendo que para estes é obrigatório que o animal seja montado por cavaleiro (VICENTE *et al.*, 2014).

Os valores genéticos médios para as características de andamento ficaram instáveis ao longo dos anos na população de equinos Campolina, e a qualidade de marcha permaneceu inalterada quanto ao ganho genético (Fig. 01). Essa característica começou a ser mensurada tardiamente, assim, os animais antigos não possuem fenótipos computados e, por terem poucos descendentes, em média apresentam valores genéticos iguais a zero. Portanto, a relação da evolução das características é melhor avaliada a partir do ponto no qual começa a ser mensurada. Os resultados encontrados em 2016 dos méritos genéticos referentes às seguintes características de andamento marchado: COM, DES, DIS, EST e REG foram de -0,25, 0,04, 0,08, -0,25 e -0,20, respectivamente. A ausência de delineamento de programa formal de seleção para a raça justifica a inexistência de incrementos genéticos para os atributos de marcha.

De acordo com Bussiman *et al.* (2018), em avaliações das progressões dos equinos da raça Campolina ao longo dos anos, esperavam-se que as tendências estimadas fossem próximas de zero para os atributos de marcha, pois estas não são utilizadas como critério de seleção nessa população. Sendo, portanto, necessário realizar novas metodologias e estratégias de fenotipagem, a fim de avaliar melhor os méritos genéticos dos animais da raça Campolina em relação ao seu andamento.

A escolha dos reprodutores é realizada de forma subjetiva, implicando em processos de seleção lentos para as características de qualidade de andamento. Os índices utilizados devem ser estabelecidos com base nos atributos para a seleção, mesmo que os técnicos das associações sejam capacitados ainda ocorrem preferências individuais, pois não existe padronização nas avaliações das características, causando dificuldade nas escolhas dos reprodutores. Além disso, a escala de mensuração possui grande amplitude, dificultando a comparação entre os indivíduos (LAAT, 2001; BUSSIMAN *et al.*, 2018).

O acompanhamento da tendência genética de características economicamente viáveis auxilia o processo de melhoramento genético. A partir deste acompanhamento, facilita-se a escolha dos indivíduos e o controle de acasalamentos entre os reprodutores. Garantindo, assim, animais com boa progressão genética, mantendo os plantéis eficientes (PEREIRA, 2012).

Herdabilidades da altura de cernelha e qualidade de andamento

As herdabilidades de ACER e atributos de andamento encontrados estão apresentados na Tab. 02. Foi verificada herdabilidade de 0,37 para ACER. Santos (2006)

relatou em seu estudo herdabilidade para ACER de 0,72, ao verificar características de conformação em animais da raça Campolina, entretanto, em seu estudo foram utilizadas análises multivariadas, com dados de 1993 a 2002.

Tabela 02: Herdabilidades da altura de cernelha e qualidade de andamento dos equinos da raça Campolina.

MEDIDAS	HERDABILIDADES
ACER	0,37
COM	0,15
DES	0,23
DIS	0,77
EST	0,22
REG	0,28

ACER = altura de cernelha; COM = comodidade; DES = desenvolvimento; DIS = dissociação; EST = estilo; REG = regularidade.

Bussiman *et al.* (2017) descreveram valores de 0,42 para essa mesma característica na raça Campolina. Esse fato pode ser justificado em função do registro dos animais Campolina estarem vinculados em altura estabelecida pela associação, sendo que os equinos que encontram-se condicionados abaixo ou acima do valor determinado não são registrados. Além disso, características de aspectos morfológicos tendem a apresentar herdabilidade moderada a alta, conforme demonstrado na Tab. 03 (PEREIRA, 2012).

Tabela 03: Classificação da herdabilidade

HERDABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO
0 a 0,1	Baixa
0,1 a 0,3	Média
0,3 a 1,0	Alta

Fonte: adaptado (PEREIRA, 2012).

Segundo Bussiman *et al.* (2018), foram observadas herdabilidades de moderada a alta para os traços relacionados a alturas, variando de 0,19 para altura do dorso a 0,43 para ACER e altura de garupa. Demonstrando respostas aproximadas às encontradas neste estudo, indicando que há variabilidade genética na raça Campolina para esses atributos. Os valores de herdabilidades estimados por Bussiman *et al.* (2018) podem estar relacionados à origem recente do cavalo Campolina e à diversidade de raças que compõem a mesma, sugerindo assim ausência de seleção genética até os dias atuais. Desta forma, a seleção dos animais deve ter por base a avaliação de características zootécnicas, como a morfologia, a conformação e a funcionalidade da marcha, além de seguir os critérios e as diretrizes regulamentadas pela ABCC-Campolina. Ademais, é importante observar os animais consagrados campeões nas modalidades equestres e nas exposições da raça, pois estes são altamente utilizados em acasalamentos, gerando vários descendentes (BUSSIMAN *et al.* 2018).

Costa *et al.* (1998) e Vicente *et al.* (2014) reportaram valores de herdabilidade de alta magnitude para ACER em Pôneis da raça Brasileira e equinos Puro Sangue Lusitano, com valores de 0,52 e 0,62, respectivamente. O processo de seleção para a ACER pode acarretar

em ganhos genéticos significativos por geração, devido à alta relação entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica.

Segundo Çilek (2012), equinos da raça Turco-árabe são considerados animais de corrida e, com isso, os criadores almejam animais velozes e de maior comprimento do corpo. Para tanto, verificou-se, nos animais avaliados, herdabilidade para ACER de 0,47 ao nascimento e 0,58 aos seis meses de idade, indicando melhoramento genético favorável ao avaliar os potros, pois resultados obtidos nessa fase podem predizer o tamanho do indivíduo na idade adulta.

Zamborlini *et al.* (1996) observaram herdabilidades de 0,40 para perímetro torácico, 0,80 para comprimento de dorso, 0,49 para ACER e 0,48 para altura de garupa, em equinos Mangalarga Marchador, as quais possibilitam mudanças genéticas nas populações através da seleção. Já Mota *et al.* (2006), em avaliação com cavalos Mangalarga, estimaram herdabilidade para deslocamento (sob 9865 registros da pontuação total) e para a ACER, os valores encontrados foram 0,27 e 0,47, respectivamente. Com isso, é possível, averiguar a variabilidade genética passível de seleção, principalmente ao se tratar de características morfométricas que possuem fácil mensuração.

Herdabilidade de alta magnitude 0,77 foi observada, no presente estudo, para dissociação, estando associada ao fato de que mais da variância fenotípica desse atributo ocorre em função das diferenças entre os valores genéticos dos indivíduos. A dissociação é considerada de relevância genética para equinos Campolina, pois o andamento marchado depende de movimentação dos membros em tempos distintos de forma rítmica, visando apoios laterais, diagonais e tríplexes, conferindo-lhes contato com o solo durante toda a locomoção, peculiaridade esta que é intrínseca a cavalos marchadores (PROCÓPIO, 2005).

Herdabilidades foram estimadas para COM, DES, EST e REG, apresentando valores de 0,15, 0,23, 0,22 e 0,28, respectivamente. Vicente *et al.* (2014) relataram herdabilidade de 0,16 para características funcionais de andamento em equinos Puro Sangue Lusitano. Melhor resposta em relação à seleção poderia ser obtida a essa característica se houvesse avaliação genética sistemática e consequente seleção.

Por meio dos valores observados para herdabilidades no estudo das características de andamento, é possível sugerir que essas podem ser utilizadas como critério de seleção com intuito de melhorar a qualidade de marcha dos animais. Este objetivo está intimamente associado ao que é esperado pela associação de criadores da raça, pois busca-se obter animais de marcha natural com deslocamentos dissociados e tríplexes de apoios definidos, sendo cômodos, elegantes, regulares e desenvolto (ABCCCAMPOLINA, 2017). Porém, deve-se considerar a alta influência do ambiente, como o treinamento, sobre as características de COM, DES, REG e EST.

Os parâmetros de herdabilidade contribuem na avaliação das características morfológicas e de andamento, e são utilizados para o delineamento de programas de melhoramento genético, permitindo a identificação de fatores ambientais e de características genéticas que irão influenciar no fenótipo (GONÇALVES *et al.*, 2011).

Bussiman *et al.* (2018) estimaram baixa herdabilidade para atributos de andamento, em estudos com a raça Campolina. Esta característica pode ser associada aos efeitos da aleatoriedade das pontuações atribuídas pelos técnicos, pois este efeito representou 60% da variância fenotípica total obtida naquela pesquisa. Este resultado demonstra a importância da

seleção de animais com os melhores desempenhos em andamento e do treinamento destes para desempenharem melhor as funções de marcha.

Novotná *et al.* (2016) relataram herdabilidade entre 0,08 e 0,24 para equinos da raça Old Kladruber, em relação às características de desempenho. A baixa herdabilidade desses traços sugere que a seleção direta proporciona lenta evolução genética. Identificar a herdabilidade dos atributos auxilia na estruturação da seleção genética. Características com baixa herdabilidade podem compor o índice de seleção, se possuir alto valor econômico. Um progresso genético desejável pode ser atingido para essas características por meio de seleção indireta ou de uma alta intensidade de seleção, em caso de facilidade de mensuração dos fenótipos. De forma geral, a variância fenotípica de características de conformação possui grande influência da diferença genotípica entre os indivíduos (PEREIRA, 2012; GONÇALVES *et al.*, 2011).

Correlações genéticas entre medida de altura de cernelha e pontuações de andamento

Baixa magnitude nas correlações genéticas entre as medidas lineares de ACER e COM, DES, DIS, EST, REG foram encontradas no presente estudo, conforme dispostas na Tab. 04, sendo os valores estimados de: -0,01, 0,01, 0,04, 0,07 e 0,05, respectivamente. A correlação genética auxilia na verificação da probabilidade de duas características distintas serem influenciadas da mesma forma pelos mesmos genes, podendo melhorar determinadas características a partir de outra (ZAMBORLINI *et al.*, 1996).

No presente estudo, observou-se que a seleção para ACER apresenta baixa influência sobre os ganhos em atributos da marcha, podendo não auxiliar em programas de seleção de forma indireta. Vale ressaltar que a efetividade do processo de seleção pode ser predito de forma direta ou indireta (FALCONER e MACKAY, 1996).

Tabela 04: Correlações genéticas entre medida de altura de cernelha e pontuações de andamento para equinos da raça Campolina.

Correlações genéticas	COM	DES	DIS	EST	REG
ACER	-0,01	0,01	0,04	0,07	0,05

ACER = altura de cernelha; COM = comodidade; DES = desenvolvimento; DIS = dissociação; EST = estilo; REG = regularidade.

Albertsdóttir *et al.* (2008) relataram baixa correlação para cavalos islandeses de competição, com valores de 0,08 a 0,14 para a qualidade de andamento e ACER, respectivamente. Sánchez *et al.* (2013) e Bussiman *et al.* (2018) relataram a existência de relação entre qualidade de andamento e morfologia, pois o impacto apresentado na marcha, no suporte, na suspensão e na frequência é influenciado por características como comprimento da perna, assim como pela amplitude do movimento.

Bussiman *et al.* (2018) observaram correlações genéticas variando entre 0,24 e 0,91 para características morfológicas em equinos da raça Campolina. Contudo, foi observada associação genética negativa entre essas características e a pontuação para atributos de andamentos. Este fato pode ser justificado pela subjetividade da avaliação dos técnicos, sendo imprescindível o uso de critérios mais homogêneos e técnicos capacitados para favorecer o

sincronismo nas avaliações. Além disso, estratégias como treinamentos frequentes com os animais devem ser incluídos nos plantéis, para que possam reduzir a magnitude dos efeitos no andamento (BUSSIMAN *et al.*, 2018).

A locomoção envolve o movimento de todo o corpo e segmentos dos membros de forma sincronizada, como é realizada na marcha. Diante disso, é desejável que animais destinados à competição apresentem marcha com proporções, bom apoio lateral e diagonal garantindo conforto, para que não sejam desclassificados nas provas. Assim, é importante o esclarecimento das marchas e suas relações com as características que podem influenciar em melhor performance (PROCÓPIO, 2005).

De acordo com Lucena *et al.* (2015), ao verificarem correlações fenotípicas das proporções morfométricas entre garanhões e castrados da raça Campolina, foram observados valores maiores para garanhões quando comparados aos castrados. Observa-se forte correlação entre ACER em relação à altura do dorso e à altura de garupa, apresentando valores de 0,903 e 0,712, respectivamente, para castrados, e 0,908 e 0,938, respectivamente, para os garanhões.

Existe relação entre as características morfométricas e as classificações de funcionamento de marcha, em equinos Campolina garanhões, a qual contribui consideravelmente no processo seletivo, a partir da identificação de indivíduos morfologicamente superiores, permitindo eliminar do processo reprodutivo indivíduos portadores de caracteres indesejáveis para marcha. Contudo, é importante ressaltar as medidas lineares que influenciam os atributos de andamento (LUCENA *et al.*, 2015). A estimativa de correlação genética para ACER e deslocamento para equinos da raça Mangalarga apresentou valor de 0,47 no estudo de MOTA *et al.* (2006). Com isso, sabe-se que a seleção dos animais geneticamente superiores para uma característica pode influenciar a seleção da outra moderadamente.

Jönsson *et al.* (2014) relataram evidências de associação genética entre características morfológicas, saúde e performance, ao trabalhar com equinos, principalmente com relação às características de conformação de pernas e altura. Tal observação indica possibilidade de utilizar as características morfológicas como indicadores de performance cuja mensuração exibe maior complexidade, que é de extrema relevância para raças utilizadas para o trabalho.

Correlação genética de 0,98 entre ACER e altura de garupa foi observada em equinos Campolina no ano de 2006. Por meio deste valor, é possível outra vez sugerir que os genes que atuam nas duas características são semelhantes, de forma que a seleção baseada em uma possui alta influência na outra característica (SANTOS, 2006).

Pereira *et al.* (2014) avaliaram animais da raça Quarto de Milha destinados a alto desempenho em corridas. Observou-se correlação genética positiva entre ACER e comprimento do corpo (0,30), entre características de comprimento de garupa e comprimento do corpo (0,80) e entre comprimento do corpo e comprimento dorso-lombo (0,76). O comprimento de garupa e comprimento dorso-lombo, do ponto de vista prático, é extremamente relevante, visto que animais mais compridos tendem a apresentar garupas maiores, o que é responsável pela movimentação e força dos membros traseiros. Entretanto, a ACER não apresentou alta correlação genética com qualquer outra medida (PEREIRA *et al.*, 2014).

Em estudo com a raça Mangalarga Marchador, Santiago *et al.* (2016) relataram uma associação fenotípica da ACER com o comprimento de espádua, a partir da física de compensação, garantindo melhor desempenho no andamento. Pois, para que o animal desempenhe a marcha de forma dissociada, mesmo com espádua curta, deve-se considerar maior tamanho dos membros e da ACER, assim o seu desempenho no deslocamento não será comprometido.

Em avaliação de equinos Islandeses, Albertsdóttir *et al.* (2008) relataram correlação genética entre habilidade de montaria e conformação. Variações de -0,12 a 1,00 foram observadas para correlação de características de andamento e competição. Valores entre -0,14 e 0,96 foram estimados para correlações entre características de conformação e competição. Dessas, as características de habilidade de equitação e características de competição apresentaram altas correlações genéticas. Já as características de conformação de campo e traços de competição apresentaram correlações genéticas moderadamente positivas. Os traços de competição são os que mais adicionam informações relacionadas ao objetivo de criação do cavalo islandês, portanto, devem ser priorizados nas avaliações de seleção.

Zamborlini (1996) estimou correlações genéticas iguais a 0,32 entre ACER e perímetro torácico, e 0,90 entre ACER e altura de garupa em equinos da raça Mangalarga Marchador o que demonstra sinergismo entre essas características e evidencia resposta positiva à seleção indireta.

Sánchez *et al.* (2013) citaram que programas de reprodução em raças, como a Pura Raza Español, selecionam por qualidade da marcha, que é considerada de grande interesse por parte dos criadores, já que influenciam no desempenho do adestramento. Foram estimadas correlações genéticas entre 13 medidas de conformação e 16 variáveis bioquímicas no trote (4 lineares, 6 temporais e 6 angulares, visando identificar critérios de seleção objetivos para habilidade de locomoção. Todas as medidas de conformação são geneticamente correlacionadas com variáveis bioquímicas e a partir dessas relações podem proporcionar melhoras significantes no desempenho desses animais.

Quando duas características economicamente importantes possuem alta correlação genética, a seleção aplicada a uma delas resulta em modificações positivas, podendo reduzir tempo, trabalho e custos do processo de melhoramento genético. O entendimento da variação genética e da relação das características economicamente importantes é essencial para definição da estratégia de seleção e construção de um índice de seleção para ganho genético anual mais acelerado, sendo que o valor econômico das características e os custos de obtenção dos fenótipos devem ser considerados. Por exemplo, variáveis de grande importância econômica, alta herdabilidade e fácil mensuração poderiam ser incluídas nos índices de seleção visando ganho direto. Já, ganhos indiretos poderiam ser obtidos para características em que a população apresenta baixa variância genética por meio da associação com as características incluídas nos índices (SANTOS, 2006).

CONCLUSÕES

Os descendentes de animais Campolinas estão cada vez mais altos comparados aos ascendentes, em razão à seleção imposta para altura na população. Entretanto, quanto às características de qualidade de marcha não são observados progressos genéticos, fato este

preocupante por ser atributo fundamental da raça, principalmente referente à comodidade. Diante disso, metodologia de avaliação e seleção dos animais quanto às características de andamento precisa ser priorizada.

As características de ACER e dissociação quando utilizadas nos índices de seleção em programas de melhoramento dos equinos Campolina podem ter ganhos genéticos satisfatórios. No entanto, menores ganhos são esperados pela seleção direta dos atributos de comodidade, desenvolvimento, dissociação e regularidade. É importante ressaltar que não são obtidos ganhos de maneira indireta nas características de andamento a partir da seleção para ACER, portanto, é importante a construção de um índice de seleção que englobe todas as variáveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à ABCC-CAMPOLINA pelo arquivo zootécnico. À CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro e à Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (PRPq/UFGM).

REFERÊNCIAS

- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Regulamento Registro Genealógico do Cavallo Campolina. Belo Horizonte, MG, 1938. 10p.
- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Regulamento Registro Genealógico do Cavallo Campolina. Belo Horizonte, MG, 1951. 24p.
- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Regulamento Registro Genealógico do Cavallo Campolina. Belo Horizonte, MG, 1990. 78p.
- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Regulamento Registro Genealógico do Cavallo Campolina. Belo Horizonte, MG, 2006. 18p.
- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Regulamento Registro Genealógico do Cavallo Campolina. Belo Horizonte, MG, 2017. 30p.
- ABCCCAMPOLINA. Associação Brasileira dos Criadores do Cavallo Campolina, Origem, 2018. 9p.
- ALBERTSDÓTTIR, E.; ERIKSSON, S.; NÄSHOLM, A.; STRANDBERG, E.; ÁRNASON, T. H. Genetic correlations between competition traits and scored at breeding field-tests in Iceland horses. *Livestock Science*, v.114, n.1, p.181-187, 2008.
- BERBARI NETO, F. Evolução de medidas lineares e avaliação de índices morfométricos em garanhões da raça Campolina. 2005. 107p. (Dissertação de Mestrado em Produção Animal), Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2005.

BUSSIMAN, F.O.; PEREZ, B.C.; VENTURA, R.V.; CURI, R.A.; BALIEIRO, J.C.C. Parâmetros genéticos para características morfológicas em cavalos da raça Campolina. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, Ribeirão Preto, SP, 2017.

BUSSIMAN, F.O.; PEREZ, B.C.; VENTURA, R.V.; SILVA, F.F.; PEIXOTO, M.G.C.D.; VIZONÁ, R.G.; MATTOS, E.C.; FERRAZ, J.B.S.; ELER, J.P.; CURI, R.A.; BALIEIRO, J.C.C. Genetic analysis of morphological and functional traits in Campolina horses using Bayesian multi-trait model. *Livestock Science*, v.216, n.1, p.119-129, 2018.

ÇILEK, S. Heritability parameter for some body measurements in Turkish Arabian foal. *Iranian Journal of Veterinary Research*, v.13, n.4, p.323-329, 2012.

COSTA, M.D.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; REZENDE, A.S.C.; PEREIRA, J.C.C. Avaliação dos fatores genéticos e de ambiente que interferem nas medidas lineares dos Pôneis da Raça Brasileira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.3, p.491-497, 1998.

COSTA, M.D.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; PEREIRA, J.C.C., REZENDE, A. S.C. Tendência genética de medidas lineares de pôneis da raça Brasileira. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária*, Belo Horizonte, v.53 n.2, p.1-11, 2001.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. *Introduction to quantitative genetics*. 4^a ed., Malaysia: Longman; 1996. 480p.

FONTES, L.R. *Origem e características do cavalo Campolina*. 1957. 60p. (Tese DE Concurso para Professor Titular), Escola Superior de Veterinária, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1957.

GONÇALVES, R.W.; COSTA, M.D.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; COSTA, M.R.; SILVA, E.S. Efeito da endogamia sobre características reprodutivas em um rebanho da raça Mangalarga Marchador. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.12, n.3, p.641-649, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Efetivo dos rebanhos, 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>>. Acesso em: 03 fev. 2020.

JÖNSSON, L.; NÄSHOLMA, A.; ROEPSTORFF, L.; EGENVALL, A. DALIN, G.; PHILIPSSON, J. Conformation traits and their genetic and phenotypic associations with health in young Swedish warmblood riding horses. *Livestock Science*, v.163, p.12-25, 2014.

LAAT, D.M. *Contribuição Genética de Fundadores e Ancestrais na Raça Campolina*. 2001. 44p. (Dissertação de Mestrado), Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2001.

LUCENA, J.E.C.; VIANNA, S.A.B.; NETO, F.B.; FILHO, R.L.M.S.; DINIZ, W.J.S. Estudo comparativo das proporções morfométricas entre garanhões e castrados da raça Campolina. *Semina: Ciências Agrárias*. Londrina, v.36, n.1, p.353-366, 2015.

MIZSTAL, I.; TSURUTA, S.; LOURENÇO, D.; AGUILAR, I.; LEGARRA, A.; VITEZICA, Z. *Manual for BLUPF90 family of programs*. University of Georgia, 2015. 124p.

NOVOTNÁ, A.; SVITÁKOVÁ, J.; SCHMIDOVÁ, J.; PŘIBYL, H.; VOSTRÁ-VYDROVÁ. Variance components, heritability estimates, and breeding values for performance test traits in Old Kladruber horses. *Czech Journal of Animal Science*, v.61, n.8, p.369-376, 2016.

PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético aplicado à produção animal. 6ª ed., FEPMVZ Editora, Belo Horizonte, p.300-480, 2012.

PEREIRA, G.L.; MEIRA, C.T.; SILVA, J.A.V.; CHARDULO, L.A.L.; CURI, R.A. Estimativas de parâmetros genéticos para características morfométricas em cavalos Quart de Milha de corrida. *Ciência & Tecnologia*, v.6, número especial, p.44-48, 2014.

PROCÓPIO, A.M. Análise cinemática da locomoção de equinos marchadores. 2005. 69p. Tese de Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2005.

ROSA, S.C.L. O desenvolvimento do *Equus caballus* e sua influência nas civilizações antigas. 2013. 50p. (Monografia de Graduação em Medicina Veterinária), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013.

SÁNCHEZ, M.J.; GÓMEZ, M.D.; PEÑA, F.; MONTERDE, J.G.; MORALES, J.L.; MOLINA, A. Relationship between conformation traits and gait characteristics in Pura Raza Español horses. *Archiv Tierzucht*, v.56, n.13, p.137-148, 2013.

SANTIAGO, J.M.; REZENDE, A.S.C.; LANA, A.M.Q.; FONSECA, M.G.; LAGE, J. Evolution of morphometric measures in the Mangalarga Marchador. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.29, n.1, p.191-199, 2016.

SANTOS, L.M. Morfologia e genética do cavalo Campolina. 2006. 49p. (Dissertação de Mestrado em Genética), Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SEAPA-MG. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Dados do rebanho equino Minas Gerais e Brasil, Belo Horizonte, 2019. 21p.

SAS. Statistical Analysis System Institute Inc. SAS 9.1.3 Help and Documentation, Cary NC: SAS Institute Inc. 2014.

SOUSA, A.S.; JESUS, I.I.C.; OLIVEIRA, C.A.A.; COSTA, R.B.; GODOJ, F.N. How is the Morphometry of Stallions and Mares Show-Winning and Non-Winning Campolina Brazilian Breed With Batida and Picada Gaits? *Jornal of Equine Veterinary Science*, v.64, n.1, p.34-40, 2018.

VICENTE, A.A.; CAROLINO, N.; RALÃO-DUARTE, J.; GAMA, L.T. Selection for morphology, gaits and functional traits in Lusitano horses: II. Fixed effects, genetic trends and selection in retrospect. *Livestock Science*, v.164, n.1, p.13-25, 2014.

ZAMBORLINI, L.C.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S.; FONSECA, C.G.; CARNEIRO, A.S.R. Estudo genético-quantitativo de medidas lineares de equinos da raça Mangalarga Marchador - I. Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, v.3, n.2, p.33-37p, 1996.