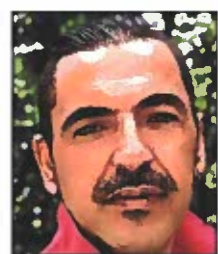


DEMOGRAFIA DO CAVALO LUSITANO CRIADO NO BRASIL



TEXTO
RICARDO DA SILVA FARIA **



TEXTO
ANTÓNIO VICENTE **



TEXTO
RUTE GUEDES DOS SANTOS *†



TEXTO
AUGUSTO II SILVA *

*Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, São Paulo, Brasil;
 **Escola Profissional Agrícola Quinta da Lageosa, Belmonte, Portugal; †Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Santarém, Portugal; ‡CIISA - Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa, Portugal;
 §Instituto Politécnico de Portalegre - Escola Superior Agrária de Elvas, Portugal; ¶VALORIZA - Centro de Investigação para a Valorização de Recursos Endógenos, Portalegre, Portugal.

Foi realizado um estudo para avaliar os parâmetros populacionais do cavalo Puro-sangue Lusitano (PSL) criado no Brasil, a fim de observar a diversidade genética e contribuir para o conhecimento e desenvolvimento desta população, que se encontra distribuída pelo mundo, subsidiando informações relevantes para a gestão do programa de melhoramento genético.

Os resultados indicam que existe diversidade genética na população Lusitana no Brasil superior à população mundial, mas os valores dos parâmetros reprodutivos, da probabilidade de origem do gene, com perda de variabilidade na última geração, e contribuições genéticas dos ancestrais, sugerem a necessidade de se monitorar a diversidade genética, em programas de melhoramento genético ao longo do tempo, possibilitando o controle das próximas gerações, aumentando a sua variabilidade genética.

O cavalo Puro-sangue Lusitano (PSL), apresenta registos

desde o ano de 1824, tendo o livro genealógico (studbook) da raça Lusitana sido oficialmente instituído em 1967 [1]. O principal studbook da raça Lusitana é gerido por Portugal, pela APSL que apresenta o maior número de nascimentos registados da raça no mundo [1]. O Brasil é o segundo país com maior número de registos de cavalos desta raça. Esta estatística foi determinada após concretização do protocolo de reciprocidade entre a APSL e a Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Puro-sangue Lusitano (ABPSL) em 1991, possibilitando que todos os cavalos da raça registados no studbook brasileiro seriam igualmente registados no stud-



book português, que engloba registos de nascimentos de todos os países.

MATERIAL E MÉTODOS

O ficheiro de genealogias da raça Lusitana com informações do nome do animal, pai e mãe, sexo, data de nascimento e origem foi cedido pela ABPSL. Foram considerados animais importados, nascidos e registados no Brasil entre 1912 e 2012, constituída pela população total (PT) com 18.922 animais (48,1% de machos). Da PT considerou-se uma população de referência (PR) composta por 8.329 animais (51,0% de machos), correspondendo aos registos de nascimentos dos anos de 2003 a 2012, utilizada como referência da população activa e representando a última geração de animais criados.

Parâmetros reprodutivos e Intervalo de Gerações

- Com existência de animais importados e registados no studbook da ABPSL, foi possível observar o seu uso como reprodutores e comparar a sua utilização com os reprodutores nascidos no Brasil. O intervalo de gerações (GI) foi obtido com base na média de idade dos pais ao nascimento dos filhos que se reproduziram [2].

Parâmetros relacionados a consanguinidade - O coeficiente de consanguinidade (F) é determinado pela probabilidade de um indivíduo ter dois alelos idênticos por descendência [3]. O coeficiente de parentesco médio (AR) de cada animal foi obtido com base na probabilidade de um alelo seleccionado aleatoriamente da população pertencer a determinado animal [4]. O tamanho efectivo de uma população (Ne), é definido como o número de indivíduos de uma população com uma estrutura não ideal, que daria origem a uma deter-

minada taxa de consanguinidade se a sua estrutura fosse ideal [5].

Probabilidade de origem do gene - O número efectivo de fundadores (fe) é fornecido pela mensuração das contribuições dos fundadores mais influentes e definido o fe como o número esperado de fundadores que contribuem de forma idêntica e produzem a mesma diversidade genética existente na população estudada [6]. O número efectivo de ascendentes (fa) representa o número mínimo de

ancestrais (fundadores ou não) necessários para explicar a diversidade genética completa da população [7]. O número efectivo de genomas fundadores (fg) é definido como o número de reprodutores que contribuem de forma igual na estrutura populacional e produzem idêntica diversidade genética, sem ocorrência de perdas de alelos [8].

Índice de conservação genética - O número de fundadores representados nas contribuições recebidas por um indivíduo, e o equilíbrio entre elas, foi avaliado pelo cálculo do Índice de conservação genética (GCI) de todos os animais [9]. Supõe-se neste caso que os valores mais elevados de GCI correspondem a animais com uma representação mais equilibrada de um grande número de fundadores, com isto, existe maior conservação genética da raça.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi observado que 87,3% da PT dos animais nasceram no Brasil a partir do ano de 1967 e 4,0% dos animais são importados. Os restantes equinos são os ancestrais, que foram registados somente como pais na base de dados da ABPSL. Na →

OS VALORES DOS PARÂMETROS REPRODUTIVOS, [...] SUGEREM A NECESSIDADE DE SE MONITORAR A DIVERSIDADE GENÉTICA

● **TABELA 1** - Resumo das estatísticas dos parâmetros relacionados com endogamia, probabilidade de origem do gene, deriva genética e contribuições genéticas dos fundadores e ascendentes do cavalo Lusitano no Brasil

Item	População total (PT)	População referência (PR)
Parâmetros relacionados com Consanguinidade		
Coefficiente médio de consanguinidade ^a , F (%)	4,06 ± 4,94	4,46 ± 4,34
Coefficiente médio de parentesco, AR (%)	5,41 ± 1,69	5,97 ± 1,20
Aumento de consanguinidade ^a , ΔF (%)	0,96 ± 2,09	0,85 ± 0,90
Tamanho efetivo da população ^b , Ne (n)	89	90
Probabilidade de origem do gene		
Número efetivo de fundadores, f _e (n)	33	29
Número efetivo de ascendentes, f _a (n)	30	26
Número efetivo de genomas fundadores, f _g (n)	19	15
Contribuições dos fundadores e ascendentes		
Número de fundadores (n)	516	453
Contribuições genéticas dos 10 principais fundadores (%)	42,7	43,5
Contribuições genéticas dos 50 principais fundadores (%)	74,3	78,2
Número de ascendentes (n)	427	341
Contribuições genéticas ^c dos 10 principais ascendentes (%)	46,8	52,2
Contribuições genéticas ^c dos 50 principais ascendentes (%)	82,0	84,6

^a Total de animais na população estudada; ^b Segundo Falconer e Mackay (1996); ^c Contribuições genéticas marginais.

PR, valor igual a 99,6% dos animais estudados nasceram no Brasil, com os demais animais (0,4%) a terem origem de importados e ancestrais. O primeiro nascimento registado na ABPSL e reconhecido pela APSL foi a égua Azambuja no ano de 1967 e o primeiro macho foi o Zapata em 1969, sendo meios-irmãos pela matriz Zaza. Entre os anos de 1967 e 1985 foram registados nascimentos de somente 305 animais (**Figura 1**). A partir de 1986, observou-se um crescimento constante e o número de registos por ano atingiu pela primeira vez os três dígitos. A tendência de crescimento estabilizou-se no ano de 2002, com reduzidas oscilações (~5%) durante os oito anos seguintes, alcançando seu maior número de registos em 2006, com 966 animais inscritos. Nos últimos três anos do estudo (2010 a 2012) houve um decréscimo acentuado no número de nascimentos (**Figura 1**). Na PR surgem somente 0,2% de animais importados, indicando a sustentabilidade das coudelarias brasileiras, demonstrando que os animais nascidos no Brasil apresentam capacidade para influenciar o futuro da raça Lusitana no mundo, surgindo a possibilidade e a realidade do criador brasileiro se tornar exportador do cavalo PSL.

Parâmetros reprodutivos - No banco de dados, foram observados 16.511 (50,4% machos) animais nascidos em território brasileiro (nacionais) e 781 (32,9% machos) equinos PSL importados (e.g. Portugal, México, etc.). Dos 8.319 machos nascidos no Brasil, somente 10,1% deixaram descendência, em contraste, com os machos importados (257 animais), surgem 72,2% de reprodutores. Das 8.192 éguas nacionais, foram 37,7% as que deixaram descendência, das 524 fêmeas importadas 96,2% foram utilizadas como reprodutoras. Do total de animais nascidos em território brasileiro (16.511), observamos na sua formação o uso de 1.115 garanhões, sendo 57,5% das progénies com pai de origem brasileira, 40,8% com origem em pai importando, 1,6% de inseminação artificial e 0,1% com pai desconhecido (fundadores). Das 3.594 éguas reprodutoras que contribuíram para o surgimento da população brasileira, observamos que 77,2% das progénies têm uma mãe de origem brasileira, 22,6% têm mãe importada, 0,1% foram oriundos de transferência de embriões e restante 0,1% das progénies tiveram mãe desconhecida. O maior percentual de utilização de reprodutores importados na raça PSL no Brasil, explica-se pelas opções dos criadores, que adquiriram esses animais ao exterior com o principal objectivo, a reprodução, sendo que nas fêmeas é quase total. Apesar da maior utilização dentro da origem de animais importados, a percentagem de progénies com pais PSL nascidos no Brasil foi superior, demonstrando sustentabilidade reprodutiva no continente Americano da responsabilidade das coudelarias brasileiras. Foi observada maior utilização reprodutiva nas fêmeas, sendo a razão (número de matrizes / número de garanhões) de 3,1 para o número de matrizes de cada garanhão. O ano mais produtivo (2006) apresentou razão de 4,5 matrizes por garanhão (210 garanhões e 946 matrizes). A baixa relação existente entre o número de garanhões e éguas reprodutoras, origina uma reduzida intensidade de selecção que poderá ter como consequência um menor progresso genético da população [10]. Vicente et al [1] para o total de animais PSL no mundo indicaram que, o valor observado (1 para 5) na relação de um garanhão pelo número de matrizes (menor no presente estudo) dificulta os programas de selecção da raça Lusitana.

O reduzido número de matrizes por garanhão do presente estudo deve ser levado em consideração pela associação e criadores, podendo ser trabalhado e melhorado. O número de progénies considerando o total de reprodutores, forneceu uma média de descendentes de 12,3 ± 24,5 e 4,0 ± 3,4 progénies para garanhões e éguas, respectivamente, e um máximo

OS ANIMAIS NASCIDOS NO BRASIL APRESENTAM CAPACIDADE PARA INFLUENCIAR O FUTURO DA RAÇA LUSITANA NO MUNDO

de 419 e 20 progénies, respectivamente. Diferenças consideráveis foram observadas no número máximo de descendentes, com o garanhão Afiançado de Flandes que apresentou 419 descendentes registados, sendo o valor máximo para toda a raça a nível mundial à época. Os valores do número médio de progénies similares a este estudo, surgem na raça PSL por Vicente et al [1], que descrevem valor médio próximo e igual de 13,1 (ganhões) e 4,0 (éguas) descendentes, respectivamente, sugerindo idênticas orientações reprodutivas entre os criadores brasileiros e restantes países com criação de Lusitanos.

Intervalo de Gerações - No IG foi observada uma média global de 10,0 ± 5,1 e 10,3 ± 5,3 anos para a PT e PR, respectivamente. Resultado aproximado (PT) e idêntico (PR) ao PSL no Brasil, foi obtido por Vicente et al [1] avaliando a raça PSL com dados de todo o mundo, indicando possível influência dos animais nascidos no Brasil pelos valores da população mundial.

Parâmetros relacionados com o coeficiente de consanguinidade - Foram observados 14 acasalamentos entre irmãos completos, 607 acasalamentos entre meios-irmãos e 149 acasalamentos entre pais e filhos. Os valores do F foram de 4,06% na PT e ligeiro aumento de 0,40% para 4,46% na PR, valores de AR pela mesma ordem de populações foram de 5,41% e aumento de 0,56% para 5,97%. A estimativa do F (**Tabela 1**) tem como efeito principal o aumento da homozigotia, resultado de animais mais aparentados entre si. Na literatura, valores superiores (9,4%) foram observados por Vicente et al [1], no total de Lusitanos registados no mundo, quando avaliaram o período de cinco anos (2005 a 2009) de uma população de referência os autores obtiveram valor ainda maior (11,3%). Somente para Lusitanos nascidos no Brasil e para o mesmo momento estudado (2005 a 2009), foi observado o valor de 4,6% de F. Considerando os valores apresentados por Vicente et al [1], os animais PSL nascidos no Brasil contribuem para a diminuição da endogamia na raça em geral. Este aspecto poderá indicar que os criadores de PSL no Brasil foram introduzindo diferentes linhagens de ca-



● Agareno (in Barreto 1999)

valos Lusitanos no país ao longo dos anos, de animais menos aparentados. Por outro lado, esta redução no coeficiente de consanguinidade para os animais criados no Brasil também poderá em parte ser explicada pelo menor conhecimento genealógico, comparativamente ao studbook do cavalo Lusitano da APSL. A manutenção do nível de consanguinidade baixa dos animais PSL no Brasil pode futuramente representar um mercado de exportação dos reprodutores com a finalidade de diminuir a endogamia em coudelarias de Lusitanos pelo mundo. O ΔF por geração foi de 0,96% (PT) e menor valor na PR com 0,85% (**Tabela 1**). O número de animais com o F diferente de zero representou 88,7% na PT e 98,0% na PR (**Tabela 1**), o número de animais não consanguíneos nascidos no último ano avaliado (2012) foi de somente 2 equinos.

O Ne obtido por meio do ΔF é o mais comum na literatura, e os valores obtidos para a PT e PR foram de 89 e 90, respectivamente. Por meio do aumento individual de consanguinida-

● **TABELA 2** - Contribuições genéticas marginais (em %) dos 15 principais ancestrais (fundadores ou não), para a raça Lusitana no Brasil (PT).

Nº.	Nome	Ano Nascimento	Sexo	Criador	Contribuição marginal (%)
1	Agareno	1931	M	Manuel Tavares Veiga	10,62
2	Príncipe VIII	1943	M	D. Francisco C Navarro	7,12
3	Destinado IV	1940	M	D. Francisco C Navarro	6,35
4	Primoroso	1927	M	Hermanos Dominguez	4,61
5	Cartujano	1928	M	D. António Perez Tinao	4,09
6	Bailador	1962	M	Manuel Tavares Veiga	3,20
7	Estrilho	1963	M	M. Assunção Coimbra	2,85
8	Jamonero III	1953	M	D. Isabel M, V Terry	2,70
9	Viscaina	1933	F	D. M Romero Benitez	2,64
10	Afiançado de Flandes	1982	M	Quinta de Flandes	2,60
11	Whisky	1947	F	F Sommer D'Andrade	2,38
12	Babel	1965	M	L J Ortigão Costa	2,32
13	Quimono	1974	M	A J Fonseca Alcobia	2,23
14	Innato	1962	M	D. J Domeq de La Riva	1,94
15	Sultão I	1942	M	Manuel Tavares Veiga	1,78
Total dos 15					57,45

de, valores de Ne foram iguais a 52 (PT) e 59 (PR). O pequeno aumento nos valores de Ne para a PR (**Tabela 1**), surge pela ligação com o aumento de consanguinidade ser menor na última geração e, possivelmente pela introdução de novas linhagens e diferentes utilizações dos principais ascendentes, sendo fundadores ou não (**Tabela 2**).

Probabilidade de origem do gene - A variabilidade genética das populações estudadas por meio da probabilidade de origem dos genes (**Tabela 2**) indicou número efectivo de fundadores de 33 (fe), de ascendentes 30 (fa) e de genomas fundadores de 19 (fg) para a PT, com diminuição dos

valores para a PR, respectivamente para 29, 26 e 15. O número efectivo de fundadores em ambas as populações comparando ao número de fundadores (**Tabela 1**), indica uso preferencial de certas linhagens fundadoras. A raça Lusitana no Brasil demonstra grande permanência de linhagens fundadoras nos seus animais, quando comparada com a raça no seu total mundial ou com algumas raças espalhadas pelo mundo, apresentando-se esta população como uma das com maior variabilidade genética em studbook fechado.

Índice de conservação genética - Os valores do GCI apresentaram o número médio de fundadores por indivíduo de $9,6 \pm 2,9$ e $9,7 \pm 2,9$ para as PT e PR, respectivamente, com máximos de GCI igual a 22,1 fundadores. Os animais com valores elevados apresentam maior conservação genética, ou seja, maior equilíbrio quanto ao número de fundadores, e devem ser utilizados (preferencialmente na escolha como reprodutores) nos programas de selecção genética com o objectivo de manter os genes transmitidos pelos fundadores [9].

Contribuições genéticas - O número total de fundadores (**Tabela 1**) da raça Lusitana no Brasil representa 2,7% (PT) e 5,4% (PR) de cada população e o número total de ascendentes observados representaram 2,3% (PT) e 4,1% (PR). A contribuição genética acumulada (**Tabela 1**) dos 10 e 50 principais fundadores, apresentaram aumento reduzido na PR em mais 0,7% e 3,1%, respectivamente, comparando aos valores da PT. Foi possível constatar ligeiro aumento nas contribuições genéticas explicadas pelos 10 e 50 principais fundadores da PT para a PR (**Tabela 1**), indicando aproximada utilização das linhagens com os principais fundadores na PR.



OS COEFICIENTES DE CONSANGUINIDADE E PARENTESCO EVIDENCIAM ALGUM CONTROLO POR PARTE DOS CRIADORES BRASILEIROS

dez principais ancestrais com maiores contribuições genéticas marginais da raça Lusitano a nível mundial, pelo estudo de Vicente et al [1], metade destes animais também foram ancestrais da população brasileira (**Tabela 2**), representados pelos equinos Agareno, Príncipe VIII, Destinado IV, Primoroso e Cartujano, em diferentes proporções. A população do PSL no Brasil apresentou variações das linhagens fundadoras e, com isso, maior diversidade genética do Lusitano nascido nos criadores brasileiros. Estas diferenças podem ajudar a explicar a menor consanguinidade e maior diversidade genética dos Lusitanos nascidos no Brasil.

CONCLUSÃO

Os coeficientes de consanguinidade e parentesco evidenciam algum controlo por parte dos criadores brasileiros, sugerindo que os Lusitanos nascidos no Brasil podem ser introduzidos como reprodutores na população PSL mundial, a fim de aumentar a diversidade genética da raça. O longo intervalo de gerações obtido indica um atraso no ganho genético anual e a falta de rapidez de decisão quanto ao uso apropriado de reprodutores.

Embora a ausência de efeitos de bottleneck seja evidente e positiva, as probabilidades de origem génica são consideradas baixas e elevada contribuição genética em reduzido número de animais, sugerindo a necessidade de monitoramento da diversidade genética ao longo do tempo.

Os autores desejam agradecer à ABPSL pelo fornecimento dos dados utilizados neste estudo. Em memória, agradecemos a inestimável contribuição do saudoso Professor Dr. Marcílio Dias Silveira da Mota. 🐾

REFERÊNCIAS

- [1] Vicente AA, Carolino N, Game LT. Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livest Sci* 2012;148:16–25. doi:10.1016/j.livsci.2012.05.002.
- [2] James JW. Computation of genetic contributions from pedigrees. *Theor Appl Genet* 1972;42:272–3. doi:10.1007/BF00277555.
- [3] Meuwissen T, Luo Z. Computing inbreeding coefficients in large populations. *Genet Sel Evol* 1992;24:305–13. doi:10.1186/1297-9686-24-4-305.
- [4] Gutiérrez JP, Goyache F. A note on ENDOG: A computer program for analysing pedigree information. *J Anim Breed Genet* 2005;122:172–6. doi:10.1111/j.1439-0388.2005.00512.x.
- [5] Frankham R. Introduction to quantitative genetics (4th edn). *Trends Genet* 1996;12:280. doi:10.1016/0168-9525(96)81458-2.
- [6] Lacy RC. Analysis of founder representation in pedigrees - founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol* 1989;8:111–23. doi:10.1002/zoo.1430080203.
- [7] Bolchard D, Meignel L, Varlet E. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet Sel Evol* 1997;29:5–23. doi:10.1186/1297-9686-29-1-5.
- [8] Ballou JD, Lacy RC. Identifying genetically important individuals for management of genetic diversity in captive populations. In: Ballou JD, Gilpin M, Poole T, editors. *Popul. Manag. Surviv. Recover. Anal. Methods Strateg. Small Popul. Conserv.*, New York: Columbia University Press; 1995. p. 76–111.
- [9] Alderson L. A system to maximize the maintenance of genetic variability in small populations. In: Alderson L, Bodo I, editors. *Genet. Conserv. Domest. Livest.*, Wallingford: CAB International; 1992. p. 18–29.
- [10] Vicente AA, Carolino N, Rebelo-Duarte J, Game LT. Selection for morphology, gaits and functional traits in Lusitano horses: I. Genetic parameter estimates. *Livest Sci* 2014;164:3–12. doi:10.1016/j.livsci.2014.01.020.
- [11] Cervantes I, Goyache F, Molina A, Valera M, Gutiérrez JP. Application of individual increase in inbreeding to estimate realized effective sizes from real pedigrees. *J Anim Breed Genet* 2008;125:301–10. doi:10.1111/j.1439-0388.2008.00755.x.