

ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS APLICADA NA SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS DE TOUROS GUZERÁ

Tainara Luana Silva Soares

Graduada em Zootecnia (UNIPAM).
E-mail: tainaraluana3@hotmail.com

Gean Paulo Andrade Reis

Mestrando em Zootecnia (UFMG).
E-mail: geanpaulo-reis@outlook.com

Adriane Aparecida Galvão Ferreira

Graduanda do curso de Zootecnia (UNIPAM).
E-mail: adrianeferreira3485@gmail.com

Rogério Amorim Reis

Mestrando em Zootecnia (UFV).
E-mail: rogerio_amorim20@hotmail.com

Nayara de Paula Oliveira

Graduada em Zootecnia (UNIPAM).
E-mail: nayarap_oliveira@hotmail.com

Matilde da Conceição Pessoa

Professora Orientadora (UNIPAM).
E-mail: matildec@unipam.edu.br

RESUMO: Objetivou-se redimensionar um conjunto de características utilizadas como objetivo de seleção no Programa de Melhoramento Genético da raça Guzerá. Foram utilizadas informações de DEPs de 113 touros da raça Guzerá publicadas no Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos no ano de 2017. As características analisadas foram: índice ABCZ (iABCZ), peso a desmama-efeito direto (PD-ED), peso ao ano-efeito direto (PA-ED), peso ao sobreano-efeito direto (PS-ED), peso a fase materna-efeito materno (PM-EM), total materno do peso à desmama (TMD), idade ao primeiro parto (IPP), stayability (STAY), perímetro escrotal aos 365 dias (PE 365), perímetro escrotal aos 450 dias (PE 450), estrutura corporal (E), musculosidade (M) e precocidade (P). Os dados foram inicialmente padronizados, em seguida aplicou-se a análise de componentes principais utilizando a função prcomp do programa R. As variáveis descartadas foram aquelas que apresentaram maior valor absoluto nos componentes principais cujo autovalor foi menor que 1,0. Nove características foram sugeridas para descarte, sendo ordenadas em grau de menor importância: iABCZ, TMD, PA-ED, PD-ED, PE 365, M, STAY, P e PM-EM. A característica PS-ED apresentou correlação de 0,82, 0,77, 0,82 e 0,61 com iABCZ, PD-ED, PA-ED e TMD, respectivamente, a correlação entre IPP e STAY foi 0,70, PE-450 apresentou correlação de 0,84 com PE-365 e E apresentou

valores de correlação de 0,62 e 0,46 com M e P, respectivamente. Pode ser observado que as características sugeridas para descarte apresentaram correlação linear significativa com as demais que não foram descartadas, sendo assim, elas fornecem pouca ou nenhuma informação adicional. Conclui-se que a análise de componentes principais foi eficiente em redimensionar o conjunto de características facilitando a escolha de touros reprodutores por parte dos produtores de bovinos de corte.

PALAVRAS-CHAVE: Análise exploratória. Bovinos de corte. Diferença esperada na progênie. Melhoramento genético.

ABSTRACT: The objective of this study was to resize the set of characteristics used as a selection objective in the Guzerá breed Genetic Improvement Program. We used information from EDPs of 113 Guzerá bulls published in the Zebu Breeding Program in 2017. The analyzed characteristics were: ABCZ index (iABCZ), weight to weaning- effect direct (PD-ED), year weight-effect direct (PA-ED), yearling weight- effect direct (PS-ED) weight of maternal phase-maternal effect (PM-MS), maternal total weaning weight (TMPD), age at first calving (PIP), stayability (STAY), scrotal circumference at 365 days (PE 365), scrotal circumference at 450 days (PE 450), body structure (E), muscularity (M) and precocity (P). The data were initially standardized and then the principal component analysis was applied using the prcomp function of the R. program. The discarded variables were those which presented higher absolute values in the main components whose eigenvalue was less than 1.0. Nine characteristics were suggested for disposal, in a minor degree order: iABCZ, TMD, PA-ED, PD-ED, PE 365, M, STAY, P and PM-EM. The PS-ED characteristic showed a correlation of 0.82, 0.77, 0.82 and 0.61 with iABCZ, PD-ED, PA-ED and TMD, respectively, the correlation between IPP and STAY was 0.70, PE -450 presented a correlation of 0.84 with PE-365 and E presented correlation values of 0.62 and 0.46 with M and P, respectively. It can be observed that the characteristics suggested for disposal had a significant linear correlation with the others that were not discarded, thus, they provide little or no additional information. It was concluded that the analysis of main components was efficient in resizing the set of characteristics facilitating the selection of breeding bulls by beef cattle producers.

KEYWORDS: Exploratory analysis. Beef cattle. Expected difference in progeny. Genetic improvement.

INTRODUÇÃO

Os animais da raça Guzerá foram introduzidos no Brasil por volta de 1870, trazidos da Índia pelos colonizadores. Adaptaram-se às condições brasileiras, pois apresentam características de tolerância ao calor, resistência a ecto e endoparasitas e capacidade de aproveitar forragens de baixa qualidade. O Brasil se tornou um dos principais países criadores do Guzerá. A criação de um núcleo MOET da raça e o teste de progênie garantiram a formação de animais com alta qualidade genética para características de corte, leite, reprodução e adaptabilidade às condições de clima tropical (PEIXOTO *et al.*, 2009; ACGB, 2018).

Nos últimos anos, foram realizadas diversas pesquisas para determinar

características que possam ser utilizadas como objetivos e critérios de seleção na bovinocultura de corte brasileira. Para isso, vários programas de melhoramento genético foram criados, normalmente estimando DEPs (Diferença Esperada na Progênie) para características produtivas e reprodutivas (NOMELINI, 2006; PEREIRA, 2012).

A escolha de um bom reprodutor deve ser idealizada para várias características simultaneamente, de forma a atender as necessidades do sistema produtivo. A detecção desses animais de acordo com as necessidades do produtor tem sido dificultada pelo número cada vez maior de características avaliadas nos programas de melhoramento.

As técnicas multivariadas são utilizadas na análise de variáveis inter-relacionadas com o objetivo de interpretar teoricamente conjunto de dados, constituindo uma análise exploratória que apresenta como resultados hipóteses. Sua utilização permite a seleção de animais com base em múltiplas características, a fim de obter genótipos superiores (VICINI & SOUZA, 2005; SANTOS *et al.*, 2010).

A análise dos componentes principais (CP) é utilizada em estudos que apresentam um grande número de variáveis inter-relacionadas a fim de reduzir o conjunto de dados analisados, mas sem perder a variabilidade das características. O principal objetivo desta análise é a redução da dimensão dos elementos originais facilitando a interpretação dos resultados obtidos (GROBE, 2005; VICINI & SOUZA 2005).

A CP tem sido utilizada em trabalhos com o objetivo de descartar variáveis redundantes que podem dificultar a realização de experimentos e/ou torná-los mais onerosos. Para isso, são consideradas aquelas que apresentam maior associação com componentes que retêm valores baixos da variação total dos dados. Essas características redundantes fornecem pouca ou nenhuma informação adicional e dificultam o trabalho de avaliação dos dados analisados (MEIRA *et al.*, 2013).

Diante disso, objetivou-se redimensionar o conjunto de características utilizadas no processo de seleção no Programa de Melhoramento Genético da raça Guzerá, utilizando análise de componentes principais.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas informações de valores genéticos preditos (DEPs), obtidas através da avaliação genética anual de 113 touros da raça Guzerá, disponibilizadas publicamente em catálogos de touros do Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ) do ano de 2017.

As características avaliadas foram: índice ABCZ (iABCZ), peso a desmama-efeito direto (PD-ED), peso ao ano-efeito direto (PA-ED), peso ao sobreano-efeito direto (PS-ED), peso a fase materna-efeito materno (PM-EM), total materno do peso à desmama (TMPD), idade ao primeiro parto (IPP), stayability (STAY), perímetro escrotal aos 365 dias (PE 365), perímetro escrotal aos 450 dias (PE 450), estrutura corporal (E), musculosidade (M) e precocidade (P). O iABCZ foi calculado a partir da equação:
$$iABCZ = 10\% PM-EM + 15\% PD-ED + 20\% TMD + 15\% GPD + 15\% PS-ED + 15\% IPP + 10\% PES$$

em que: PM-EM, PD-ED, TMPD, PS-ED e IPP conforme definidos anteriormente, GPD: ganho de peso pós desmama e PES: perímetro escrotal ao sobreano.

Primeiramente os valores de DEPs foram padronizados para evitar inconsistências nas soluções, uma vez que as medidas de distância são influenciadas por diferentes escalas numéricas (VAL *et al.*, 2008). A padronização das variáveis foi feita segundo a equação 1.

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_j}{s(\bar{X}_j)} \quad (1)$$

em que Y_{ij} , $S(\bar{X}_j)$ e X_j são, respectivamente, a variável padronizada, o desvio-padrão e a média da j -ésima variável original.

Para obtenção dos componentes principais, utilizou-se o pacote stat da função prcomp do programa R (2011). Adotaram-se como critério de descarte de variáveis as recomendações de Kaiser (1958), que sugere que o número de variáveis descartadas deve ser igual ao número de componentes principais cuja variância (autovalor) seja inferior a 1,0, pois esses componentes principais apresentam pouca relevância na explicação da variação total dos dados, e na sugestão de Regazzi (2002), o qual considera que a variável que apresentar o maior coeficiente em valor absoluto no componente principal de menor autovalor deverá ser menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os quatro primeiros componentes principais foram responsáveis por explicar 83,9% da variação total dos dados, sendo associados aos maiores autovetores e, portanto, retendo a maior variabilidade dos dados. Após a aplicação do critério proposto por Kaiser (1958), estabeleceu-se que nove variáveis (69,23% das características estudadas) podem ser descartadas (tabela 1), sendo essas variáveis associadas a componentes de menor importância e que retêm valores quase insignificantes da variabilidade dos dados analisados.

Tabela 1. Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) e porcentagem acumulada de VCP das características avaliadas

Componentes principais	(λ_i)	% VCP	% VCP acumulada
CP ₁	2,344	42,280	42,280
CP ₂	1,547	18,420	60,690
CP ₃	1,322	13,450	74,140
CP ₄	1,130	9,828	83,969
CP ₅	0,837	5,386	89,355

(continua...)

(...conclusão)

CP ₆	0,628	3,033	92,388
CP ₇	0,544	2,273	94,661
CP ₈	0,515	2,040	96,700
CP ₉	0,446	1,528	98,229
CP ₁₀	0,370	1,052	99,282
CP ₁₁	0,291	0,650	99,930
CP ₁₂	0,091	0,063	99,995
CP ₁₃	0,025	0,005	100,000

Seguindo o método proposto por Regazzi (2002), as variáveis com maior valor absoluto, sugeridas para descarte, em ordem de menor importância para explicar a variação total dos dados, foram: iABCZ, TMD, PA-ED, PD-ED, PE 365, M, STAY, P e PM-EM (tabela 2). No componente principal 11 (CP₁₁), foi descartada a característica peso ao ano-efeito direto, sendo assim, no componente principal 10 (CP₁₀), foi descartada a característica com o segundo maior valor absoluto.

Tabela 2. Coeficientes de ponderação dos valores genéticos das características dos animais Guzerá nos componentes principais que foram descartados variáveis

Variáveis	Coeficientes								
	CP ₅	CP ₆	CP ₇	CP ₈	CP ₉	CP ₁₀	CP ₁₁	CP ₁₂	CP ₁₃
iABCZ	0.1024	0.0354	- 0.1194	0.0612	0.0969	0.0021	- 0.1058	0.2995	- 0,8134
PD_ED	-0.2839	- 0.2335	0.1352	- 0.1599	0.2875	0.4806	- 0.0396	- 0.5664	-0,0135
PA_ED	-0.1685	- 0.0208	0.2928	0.0357	0.0380	- 0.4975	0.6633	0.0206	0,0956
PS_ED	-0.2994	- 0.1644	- 0.2226	0.2815	- 0.4985	- 0.2601	- 0.4466	- 0.0949	0,1820
PM_EM	0.6576	0.1719	- 0.0924	0.1393	- 0.1510	- 0.1250	- 0.0141	- 0.4351	0,0605
TMD	0.1306	- 0.0927	0.0301	- 0.0647	0.1364	0.2625	- 0.1329	0.6163	0,4837
IPP	- 0.20456	- 0.2642	0.5229	- 0.1271	- 0.3535	- 0.0927	- 0.1720	0.0535	-0,2091
STAY	0.4479	- 0.1313	0.5766	- 0.1885	- 0.2049	0.0811	- 0.1438	0.0127	-0,0094
PE 365	0.0806	0.1493	- 0.0810	- 0.0306	- 0.5053	0.3979	0.3400	0.0271	0,0159
PE 450	0.0625	0.2710	0.1940	- 0.1228	0.3751	- 0.3559	- 0.3907	- 0.0812	0,1188

(continua...)

(...conclusão)

E	-0.1835	0.5239	-	-	-	0.0217	-	-	0,0013
P	0.2343	0.6464	0.3038	0.2886	0.0858	0.1616	0.0946	0.0170	-0,0000
M	-0.0039	0.0593	0.2819	0.6718	0.1536	0.2063	0.0187	0.0129	0,0046

iABCZ: índice ABCZ, PD-ED: peso a desmama-efeito direto, PA-ED: peso ao ano-efeito direto, PS-ED: peso ao sobreano-efeito direto, PM-EM: peso a fase materna-efeito materno, TMD: total materno do peso à desmama, IPP: idade ao primeiro parto, STAY: stayability, PE 365: perímetro escrotal aos 365 dias, PE 450: perímetro escrotal aos 450 dias, E: estrutura corporal, M: musculosidade, P: precocidade.

Pesquisadores vêm utilizando, cada vez mais, análise de componentes principais para avaliar o descarte de características em experimentos com animais, porém grande parte utiliza o método proposto por Jolliffe (1972, 1973), em os componentes principais com autovalor menor que 0,7 são descartados. Alguns desses autores e os resultados de suas pesquisas são citados a seguir.

Barbosa *et al.* (2005), trabalhando com 11 características de desempenho de suínos, observaram que os cinco primeiros componentes principais explicaram 85,15% da variação total dos dados e concluíram que seis variáveis (54,5% das características avaliadas) poderiam ser descartadas, a fim de otimizar tempo e custo com experimentos, sem que houvesse perda considerável de informação.

Paiva *et al.* (2010), avaliando 11 características de produção de aves de postura, encontraram oito características passíveis de descarte, pois apresentaram maior valor absoluto em componentes principais com menor variação dos dados.

Ramires *et al.* (2013), trabalhando com 12 medidas angulares de equinos da raça Quarto de Milha, encontraram nos cinco primeiros componentes 68,62% da variação total dos dados e sete características foram sugeridas para descarte por apresentarem maiores coeficientes de variação, em valor absoluto, a partir do último componente em direção ao primeiro.

Souza (2011), avaliando um conjunto de características mensuradas em uma prova de ganho em peso a pasto de bovinos da raça Guzerá por meio da análise de componentes principais, encontrou 75,74% da variação dos dados nos quatro primeiros componentes e nove características (69,23% das características avaliadas) foram descartadas, são elas: peso aos 205 dias, peso aos 550 dias, musculosidade, estrutura, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, ganho médio diário, circunferência escrotal e circunferência torácica. Essas variáveis apresentaram correlação linear simples significativa com as demais (altura na garupa, comprimento corporal, precocidade e peso aos 365 dias), fornecendo pouca ou nenhuma informação adicional, caracterizando, assim, pela redundância.

As características precocidade e musculosidade foram sugeridas para descarte neste estudo, e a característica estrutura foi mantida, enquanto, no trabalho realizado por Souza (2011), a característica precocidade foi mantida e as características musculosidade e estrutura foram descartadas. Nota-se um contraste entre os dois estudos para as características precocidade e estrutura, que pode ser explicado pela diferença entre os dois trabalhos, visto que este utilizou valores de DEPs, e o realizado

por Souza (2011) valores fenotípicos e pela diferença entre as características avaliadas.

Apesar disso, os resultados do estudo realizado por Souza (2011) se assemelham aos resultados obtidos nesta pesquisa; foram utilizados animais da mesma espécie e raça e a quantidade de variáveis analisadas são as mesmas. Porém, evidencia a necessidade de mais estudos sobre os métodos estatísticos multivariados para descartes de características.

Os diferentes resultados encontrados nas demais pesquisas citadas podem ser explicados pela diferença entre a quantidade de variáveis e as espécies animais avaliadas. Porém, o que mais influencia a quantidade de componentes principais é a variabilidade dos dados analisados.

Realizando a análise de correlação linear simples (Tabela 3), observou-se que a característica PS-ED apresentou correlação de 0,82, 0,77, 0,82 e 0,61 com iABCZ, PD-ED, PA-ED e TMD, respectivamente; a correlação entre IPP e STAY foi 0,70, PE-450 apresentou correlação de 0,84 com PE-365; E apresentou valores de correlação de 0,62 e 0,46 com M e P, respectivamente. Esses resultados demonstram que as variáveis sugeridas para descarte apresentam correlação significativa com as demais, sendo assim elas fornecem pouca ou nenhuma informação adicional, caracterizando-se pela redundância.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson entre os valores genéticos das características dos animais da raça Guzerá.

	iABCZ	PD-ED	PA-ED	PS-ED	PM-ED	TMD	IPP	STAY	PE 365	PE 450	E	M	P
iABCZ	1,00												
PD-ED	0,89	1,00											
PA-ED	0,90	0,88	1,00										
PS-ED	0,82	0,77	0,82	1,00									
PM-ED	0,57	0,35	0,40	0,16	1,00								
TMPD	0,90	0,86	0,79	0,61	0,76	1,00							
IPP	0,27	0,11	0,20	0,39	0,24	0,08	1,00						
STAY	0,05	0,03	0,08	0,18	0,24	0,18	0,70	1,00					
PE 365	0,46	0,36	0,35	0,34	0,18	0,35	0,08	0,19	1,00				
PE 450	0,44	0,34	0,35	0,25	0,16	0,33	0,11	0,22	0,84	1,00			
E	0,41	0,35	0,41	0,40	0,22	0,37	0,03	0,005	0,14	0,16	1,00		
M	0,20	0,12	0,18	0,21	0,11	0,15	0,12	0,13	0,33	0,36	0,62	1,00	
P	0,24	0,15	0,14	0,19	0,15	0,21	0,12	0,10	0,44	0,43	0,46	0,68	1,00

iABCZ: índice ABCZ, PD-ED: peso a desmama-efeito direto, PA-ED: peso ao ano-efeito direto, PS-ED: peso ao sobreano-efeito direto, PM-EM: peso a fase materna-efeito materno, TMPD: total materno do peso à desmama, IPP: idade ao primeiro parto, STAY: stayability, PE 365: perímetro escrotal aos 365 dias, PE 450: perímetro escrotal aos 450 dias, E: estrutura corporal, M: musculabilidade, P: precocidade.

Meira *et al.* (2013), analisando 13 características morfofuncionais de equinos da raça Mangalarga Machador, descartaram sete características associadas a componentes de menor importância relativa. Essas variáveis apresentaram correlação significativa com as demais, caracterizando-se pela redundância.

Yamaki *et al.* (2009), avaliando 12 características de três linhagens de aves de

corte, encontraram sete características passíveis de descarte que apresentaram correlação linear significativa com as não descartadas. Neste estudo, foi observado também que as características mantidas apresentaram baixa correlação entre si, podendo concluir que cada característica é responsável por um tipo de informação biológica exclusiva.

Na perspectiva do melhoramento genético, a seleção de uma característica correlacionada com outras economicamente importantes pode ser explorada visando ao melhoramento de ambas, com o intuito de reduzir o número de variáveis trabalhadas e em alguns casos pode praticar a seleção indireta quando as características são de difícil mensuração ou o animal as expressa tardiamente (SANTOS *et al.*, 2005).

As variáveis que devem ser avaliadas em futuras seleções de touro, de acordo com este estudo são: PS-ED, PM-EM, IPP, PE 450 e E. Porém, observou-se a necessidade da realização de mais estudos para que se obtenham conclusões mais precisas. Foi observado que dados fenotípicos apresentam comportamento diferente de DEPs e é possível que isso aconteça com animais de raças distintas.

Recomenda-se que para cada banco de dados seja aplicada a análise de componentes principais individualmente, e não se descartem características baseadas em pesquisas já existentes, isso porque são poucos os trabalhos relacionados com análises multivariadas no descarte de variáveis associadas a bovinos, causando incertezas em relação quais características realmente devem ser mantidas em estudos futuros.

A redução do número de características no momento da seleção de touros facilita o processo de escolha por parte do produtor rural. Assim, touros com alto potencial genético são selecionados se adequando as necessidades e particularidades de cada sistema de produção.

CONCLUSÃO

A análise de componentes principais foi eficiente em redimensionar o conjunto de características, facilitando a escolha de touros reprodutores por parte dos produtores de bovinos de corte.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GUZERÁ E GUZOLANDO DO BRASIL (ACGB). História da raça Guzerá. Disponível em: <http://www.guzera.org.br>. Acesso em: 24 fev. 2018.

BARBOSA, L.; LOPES, P. S.; REGAZZI, A. J.; GUIMARÃES, S. E. F.; TORRES, R. A. Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 57, n. 6, p. 805-810, 2005.

GROBE, J. R. *Aplicações da estatística multivariada na análise de resultados em experimentos com solos e animais*. 145f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

JOLLIFFE, I. T. *Discarding variables in a principal component analysis. I. Artificial data.* Appl. Stat., v. 21, p. 160-173, 1972.

JOLLIFFE, I. T. *Discarding variables in a principal component analysis. II. Real data.* Appl. Stat., v. 22, p. 21-31, 1973.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. *Psychometrika*, v. 23, p.187-200, 1958.

MEIRA, C. T.; PEREIRA, I. G.; FARAH, M. M.; PIRES, A. V.; GARCIA, D. A.; CRUZ, V. A. R. Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 65, n. 6, p.1843-1848, 2013.

NOMELINI, J. *Aplicação de metodologias de extração de conhecimentos em pesquisas e gerenciamento de programa de melhoramento genético em bovinos da raça nelore.* 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

PAIVA, A. L. C.; TEIXEIRA, R. B.; YAMAKI, M.; MENEZES, G. R. O.; LEITE, C. D. S.; TORRES, R. A. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. *R. Bras. Zootec.*, v.39, n.2, 2010.

PEIXOTO, M. G. C. D.; VERNEQUE, R. S.; PENNA, V. M.; PEREIRA, M. C.; MACHADO, C. H. C.; MACHADO, M. A.; LÔBO, R. B.; CARVALHO, M. R.S. Programa Nacional de Melhoramento do Guzerá para Leite: resultados do Teste de Progênie, do Arquivo Zootécnico do Núcleo MOET. Juiz de Fora: *Embrapa Gado de Leite*, 2009.

PEREIRA, J.C.C. Melhoramento genético aplicado à reprodução animal. 6. ed. *Belo Horizonte*: FEPMVZ Editora, 2012.

RAMIRES, G. G.; REZENDE, M. P. G.; ABREU, U. G. P.; OLIVEIRA, N. M. Medidas angulares de equinos da raça quarto de milha utilizados em provas de laço comprido. *6º simpósio sobre recursos naturais e socioeconômicos do Pantanal*, Corumbá, 2013.

REGAZZI, A.J. *Análise multivariada: notas de aula.* Viçosa: UFV, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org/>.

SANTOS, P. F.; MALHADO, C. H. M. M.; CARNEIRO, P. L. S.; MARTINS FILHO, R.; AZEVÊDO, D. M. M. R.; CUNHA, E. E.; SOUZA, J. C.; FERRAZ FILHO, P. B. Correlação genética, fenotípica e ambiental em características de crescimento de bovinos da raça

Nelore variedade mocha. *Archives of Veterinary Science*, v. 10, n. 2, p. 55-60, 2005.

SANTOS, E.F.N.; SANTORO, K.R.; FERREIRA, R.L.C.; SANTOS, E.S.; SANTOS, G.R.A. Formação de grupos produtivos em vacas leiteiras por meio de componentes principais. *Rev. Bras. Biom.*, São Paulo, v. 28, n. 3, p.15-22, 2010.

SOUZA, R. C. *Análise de componentes principais, curva e alometria do crescimento em bovinos da raça Guzerá submetidos à prova de ganho em peso a pasto*. 73f. Dissertação (Magister Scientiae em Zootecnia) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2011.

VAL, J. E.; FERRAUDO, A. S.; BEZERRA, L. A. F.; CORRADO, M. P.; LÔBO, R. B.; FREITAS, M. A. R.; PANETO, J. C. C. Alternativas para seleção de touros da raça Nelore considerando características múltiplas de importância econômica. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 60, n. 3, p. 705-712, 2008.

VINCINI, L.; SOUZA, A.M. *Análise multivariada da teoria à prática*. Santa Maria: UFSM, CCCNE, 2005.

YAMAKI, M.; MENEZES, G. R. O.; PAIVA, A. L. C.; BARBOSA, L.; SILVA, R. F.; TEIXEIRA, R. B.; TORRES, R. A.; LOPES, P. S. Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 61, n. 1, p. 227-231, 2009.