

## Utilização da análise multivariada para avaliação do crescimento de cordeiros Berganês e cruzados no semiárido nordestino

José Renaldo Vilar da Silva Filho<sup>1</sup>, João Bandeira Moura Neto<sup>1</sup>, Janaina Kelli Gomes Arandas<sup>1</sup>, Lays Thayse Alves dos Santos<sup>2</sup>, Paulo Alves Nogueira Filho<sup>3</sup>, Francisco Fernando Ramos de Carvalho<sup>1</sup>, Fernando Lucas Torres de Mesquita<sup>4</sup>, Maria Norma Ribeiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, Brasil. E-mail: renaldovilar.zootecnia@gmail.com; joobandeira.neto@hotmail.com; janaina\_arandas@hotmail.com; ffrcarvalho@gmail.com; ribeiromn1@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Petrolina-PE, Brasil. E-mail: laysthayse.as@gmail.com

<sup>3</sup> Instituto Agrônômico de Pernambuco Petrolina-PE, Brasil. E-mail: paulonogueira@ipa.br

<sup>4</sup> Instituto Agrônômico de Pernambuco, Sertânia-PE, Brasil. E-mail: fernando.mesquita@ipa.br

**RESUMO:** O objetivo do presente trabalho foi testar ferramentas de análise multivariada para avaliação do crescimento de cordeiros Berganês e cruzados no Semiárido Nordeste. O estudo foi feito com base em medidas biométricas, no início e fim do experimento, em ovinos machos não castrados pertencentes aos genótipos Berganês (BG), Berganês x Santa Inês (BSI), Dorper x Berganês (DB) e o grupo controle Dorper x Santa Inês (DSI), cada grupo genético foi composto por 8 animais. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Inicialmente, os dados foram submetidos a análise de correlação de Pearson. Em seguida, realizou-se análise fatorial com base em componentes principais – (AF), com a finalidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos fatores e indicar as variáveis que mais contribuem para avaliação do crescimento dos animais. A análise discriminante foi adotada para verificar diferenças entre os grupos genéticos avaliados. Observou-se correlação significativa ( $p < 0,01$ ) para a maioria das variáveis medidas no final do experimento. As características mais importantes para avaliar o crescimento biométrico de ovinos Berganês e cruzados estão associadas ao padrão racial e desenvolvimento corporal dos animais, de acordo com a análise fatorial. Os animais foram classificados em seus respectivos genótipos no fim do experimento de acordo com a análise discriminante. As técnicas estatísticas utilizadas nesse estudo foram bastante úteis para entender e diferenciar o grupo genético Berganês e seus cruzamentos com base em características biométricas.

**Palavras-chave:** análise discriminante; análise fatorial; biometria; cruzamento; ovinos

## Use of multivariate analysis to evaluate the growth of Berganês and crossbreed in the northeastern semiarid

**ABSTRACT:** The objective of the present study was to test multivariate tools to evaluate the growth of Berganês and crossbreed in the Northeastern Semiarid region. Biometric measurements were performed at the beginning and at the end of the experiment in uncastrated male lambs belonging to the Berganês (BG), Berganês x Santa Inês (BSI), Dorper x Berganês (DB) genotypes and the Dorper x Santa Inês (DSI), of eight lambs per genotype. The design was completely randomized. Data were subjected to Person correlation analysis. It performed factor analysis based on principal components - (FA), in order to summarize the original set of variables in a few factors and to indicate the variables that most contribute to the evaluation of animal growth. A significant correlation ( $p < 0.01$ ) was observed for most variables measured at the end of the experiment. The most important characteristics to evaluate the biometric growth of Berganês and crossbreed lambs are associated with the breed pattern and body development of the animals, according to factor analysis. The lambs were classified in their respective genotypes at the end of the experiment according to the discriminant analysis. The multivariate techniques used in this study were handy to understand and differentiate the Berganês genetic group and its crossbreed based on biometric characteristics.

**Key words:** discriminant analysis. factor analysis; biometry; crossbreed; sheep

## Introdução

Os ovinos estão distribuídos por todos continentes, entretanto percebe-se uma maior concentração nos países que estão em desenvolvimento (Martins et al., 2016). De acordo com a FAO (2016), o Brasil ocupa a 18ª colocação no *ranking* mundial, e possui cerca de 18,43 milhões de cabeças de ovinos. Segundo IBGE (2016), a região que mais contribui com este efetivo é o Nordeste com cerca de 63,05% do rebanho nacional e o estado de Pernambuco possui o segundo maior rebanho desta região com aproximadamente 2,48 milhões de cabeças.

A maior parte do rebanho ovino do estado de Pernambuco, encontra-se no semiárido, tipicamente representado pelo município de Dormentes que concentra cerca de 226,7 mil cabeças, sendo o quarto maior rebanho nacional (IBGE, 2016) com a economia baseada quase que totalmente na agropecuária. O surgimento de um ecótipo ovino, denominado Berganês, foi fundamental para economia do município e das regiões circunvizinhas. Este ecótipo surgiu por volta da década de 80, oriundo, principalmente, do cruzamento entre as raças Bergamácia com Santa Inês, mas somente começou a ser estudado a partir do ano de 2015, quando se percebeu a sua boa adaptação as condições edafoclimáticas do sertão de Pernambuco, sem perder características produtivas importantes como ganho de peso e velocidade de crescimento. Portanto, se faz necessário a realização de estudos, mensurando essas características produtivas.

Para avaliar o crescimento dos animais o peso é um parametro fundamental (Conrado et al., 2015), porém, a avaliação dessa variável isoladamente é imprecisa como indicador de crescimento (Owens et al., 1993). Afolayan et al. (2002) e Gusmão Filho et al. (2009) relataram a existência de correlação entre o peso do animal e as medidas corporais nas diversas idades.

Dentre as ferramentas utilizadas para mensurar a produtividade de pequenos ruminantes, a biometria corporal que, quando analisada juntamente com o peso, permitem uma boa avaliação do desenvolvimento corporal dos animais (Koritiak et al., 2012; Yáñez et al., 2014). Além disso, serve de base para a diferenciação de grupos e/ou raças, e nesse campo as técnicas de análises multivariadas podem ser bastante úteis.

Segundo Ferraud (2005), as análises multivariadas referem-se a todos os métodos estatísticos que simultaneamente analisam múltiplas medidas em um mesmo indivíduo e que são inter-relacionadas. Estes procedimentos estatísticos têm sido muito úteis para análise de crescimento e perfil fenotípico em pequenos ruminantes (Yakubu et al., 2011; Birteeb et al., 2013; Mishra et al., 2017) e diferenciação de raças (Cazar, 2003; Dossa et al., 2007; Arandas et al., 2017). Na espécie ovina, alguns estudos já foram desenvolvidos com intuito de caracterizar, discriminar e classificar raças através de medidas biométricas e com base em procedimentos multivariados em outros países (Birteeb et al., 2013; Mavule et al., 2013; Yakubu, 2013; Asamoah-Boaheng & Sam, 2016) mas no Brasil estes estudos ainda são bastante limitados.

Diante disso, o objetivo deste estudo foi utilizar a análise multivariada para avaliação do perfil fenotípico e do crescimento de ovinos Berganês e cruzados no semiárido nordestino.

## Material e Métodos

O trabalho foi realizado no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Campus Petrolina/Zona Rural, nas instalações do Setor de Caprinos e Ovinos no período entre julho a setembro de 2017, sob o protocolo nº 029/2017 aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano. Foram utilizados ovinos machos não castrados pertencentes aos genótipos Berganês (BG), Berganês x Santa Inês (BSI), Dorper x Berganês (DB) e o grupo controle Dorper x Santa Inês (DSI). Cada grupo genético foi composto por 8 animais, com peso médio inicial de 21,67±2,34 kg e idade média de 4 meses. O período experimental foi de 70 dias, sendo 14 dias de adaptação dos animais as instalações e ao manejo.

Os animais foram pesados no início e fim do experimento para obtenção do peso inicial e peso final. Também foram tomadas medidas corporais no início e fim do experimento conforme Figura 1A, Figura 1B, Figura 1C. As medições foram realizadas com auxílio do Hipômetro e fita métrica, e de acordo com a metodologia recomendada pela FAO (2013).

Durante o período experimental os animais foram alojados em baias individuais de 2m<sup>2</sup>, e alimentados com a mesma dieta total. Na Tabela 1 são apresentados os ingredientes e a composição bromatológica da dieta utilizada no experimento.

As variáveis morfométricas foram submetidas à análise de Correlação de Pearson e em seguida realizou-se à análise fatorial com base em Componentes Principais – (AF), com a finalidade de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos fatores e indicar as variáveis que mais contribuem para avaliação do crescimento dos animais. Existem alguns métodos de rotação utilizados na análise fatorial, nesse trabalho foi utilizado a rotação ortogonal Varimax, que procura dar aos fatores maior potencial de interpretabilidade. Para seleção dos fatores, foi utilizado o critério de Kaiser (1960), que seleciona os fatores que possuem autovalor > 1, para simplificar a variabilidade dos dados.

O modelo utilizado na análise foi:

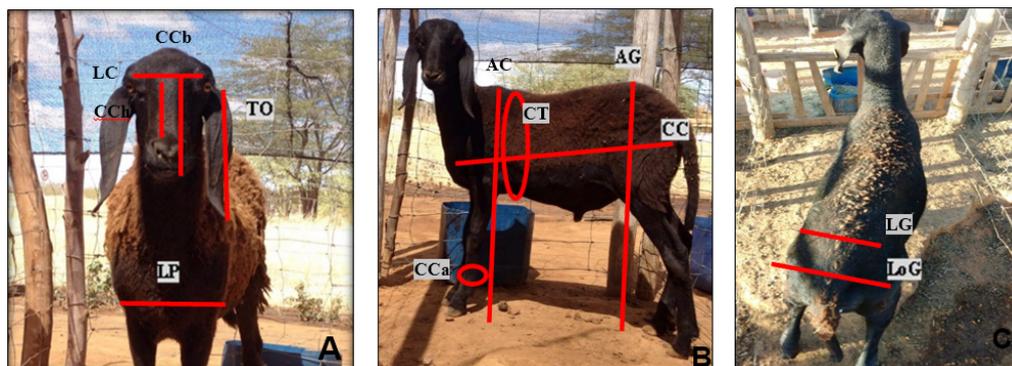
$$X_1 = a_{11}F_1 + a_{12}F_2 + \dots + a_{1m}F_m + \varepsilon_1$$

$$X_2 = a_{21}F_1 + a_{22}F_2 + \dots + a_{2m}F_m + \varepsilon_2$$

$$X_p = a_{p1}F_1 + a_{p2}F_2 + \dots + a_{pm}F_m + \varepsilon_p$$

em que:  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_p$  = variáveis em estudo;  $a$  = carga dos fatores;  $F$  = fatores comuns não correlacionados;  $\varepsilon$  = variáveis com médias 0 e variância 1.

A análise discriminante foi adotada para verificar a consistência dos grupos genéticos avaliados, permitindo a



**Figura 1.** Pontos de referência das variáveis CCb, CCh, LC, TO e LP (A); AC, AG, CC, CT e CCa (B); LG e LoG (C).

CCb - Comprimento da Cabeça: medida desde o occipital até o lábio inferior. CCh - Comprimento Chanfro: medida entre a linha imaginária que une o ângulo interno dos olhos e o ponto mais rostral da parte nasal. LC - Largura da Cabeça: medida entre os arcos zigomáticos. TO - Tamanho da Orelha: medida da base da orelha até a ponta final. AC - Altura de Cernelha: medido desde o solo até o ponto mais culminantes da região interescapular. AG - Altura de Garupa: medida desde o solo até o ponto mais culminante da região sacral. CC - Comprimento Corporal: medida da articulação da escápula-humeral até a extremidade posterior do ísquio. CT - Circunferência Torácica: medida que parte do ponto de declividade da região interescapular, envolvendo toda região torácica. LP - Largura do Peito: distância entre as faces laterais da articulação escápulo-umeral. LG - Largura da Garupa: medida entre as tuberosidades laterais da coxa. LoG - Longitude da Garupa: medida entre o ponto mais lateral da tuberosidade coxal e o ponto mais caudal da nádega. CE - Circunferência Escrotal: medida na região mediana dos testículos. CCa - Circunferência da Canela: medida do terço médio da região metacarpiana do membro esquerdo.

**Tabela 1.** Composição da dieta e bromatológica dos alimentos utilizados no período experimental.

Ingredientes	(%)
Milho Triturado	56,50
Farelo de Soja	24,50
Feno de Buffel	15,00
Calcário Calcítico	1,00
Núcleo*	3,00
Nutrientes	(g/kg)
Matéria Seca	932,00
Matéria Mineral	76,20
Fibra Total	162,20
FDN <sup>1</sup>	415,10
FDA <sup>2</sup>	200,80
Extrato Etéreo	31,10
NDT <sup>3</sup>	658,20
Proteína Bruta	141,00

<sup>1</sup> Fibra em Detergente Neutro; <sup>2</sup> Fibra em Detergente Ácido; <sup>3</sup> Nutrientes Digestíveis Totais. \* Cada kg contém: Zn 3800 mg, So 147 g, Mn 1300 mg, Co 40 mg, Fe 1800 mg, Cu 590 mg, S 18 g, Se 15 mg, I 80 mg, Cr 20 mg, Mo 300 mg, Ca 120 g, Fl 870 mg e P 87 g. Feno de Capim Buffel (*Cenchrus Ciliaris*), obtido do capim com 60 dias.

classificação dos indivíduos, com base nas características morfométricas dos mesmos, e encontrar funções das variáveis observadas que possam explicar as diferenças entre os grupos genéticos.

O modelo matemático utilizado na análise foi:

$$D(x) = \hat{L}' \cdot x = [\bar{x}_1 - \bar{x}_2]' S_c^{-1} \cdot x$$

em que: D(x) = função discriminante linear amostral de Fisher; L = estimativa do vetor discriminante;  $x_1$  = média amostral da população  $\pi_1$ ;  $x_2$  = média amostral da população  $\pi_2$ .

As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o software *Statistica 8.0*.

## Resultados e Discussão

Para as variáveis mensuradas no início do experimento, observou-se correlação próxima ou acima de 50% entre

as variáveis que caracterizam o padrão racial (CCh, LC e TO), desenvolvimento corporal (Peso, CT, CC, CE e CCa), formato do corpo (LP, LG e LoG) e tamanho do corpo (AC e AG) (Tabela 2). Também, se observou correlação próxima ou acima de 50% entre as variáveis relacionadas com padrão racial e com o tamanho dos animais. As correlações significativas ocorreram distribuídas em características ligadas ao biotipo do animal, uma vez que os animais estavam com pouca idade e o crescimento até então obtido não justificou presença de alta correlação dessas características com as demais.

Em relação aos coeficientes de correlação de Pearson das variáveis medidas no fim do experimento, observou-se correlação próxima ou acima 50% para maioria das características avaliadas (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com os relatados por Mavule et al. (2013), Mishra et al. (2017) e Yakubu (2013), em medidas biométricas de ovinos, onde encontraram valores de correlação significativos na grande maioria das características biométricas avaliadas.

Os resultados do presente trabalho indicam a presença de correlações entre as variáveis avaliadas, o que justifica a utilização de análises multivariadas.

Por meio da análise fatorial foi possível selecionar cinco e três fatores que explicaram um percentual de 80,03% e 78,03% da variação total das variáveis morfométricas avaliadas no início e final do período experimental, respectivamente (Tabela 4).

Mavule et al. (2013), estudando a estrutura morfométricas de ovinos da raça zulu na África do Sul, encontraram dois fatores que explicaram 66,85% da variação total para animais com menos de 15 meses, e quatro fatores que explicaram 62,18% da variação total, para animais entre 15 e 28 meses de idade. Yakubu et al. (2011) avaliando características biométricas em ovinos da raça Uda encontraram dois fatores que explicaram 86,3% da variação total dos dados. Mishra et al. (2017), caracterizando ovinos da raça Kajali na Índia através de medidas biométricas, encontraram três fatores que explicaram 68,66% da variação total dos dados.

**Tabela 2.** Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis ( $V^1$ ) aferidas no início do experimento.

$V^1$	Peso	CCb	CCh	LC	TO	LP	LG	LoG	CC	CT	CE	CCa	AC	AG
Peso		0,3326	0,2571	0,3368	0,1710	0,4008	0,3966	0,4241	<b>0,5850*</b>	0,4176	<b>0,4601*</b>	0,3782	<b>0,4743*</b>	<b>0,5350*</b>
CCb			0,1988	0,0040	0,2472	0,0481	-0,0452	0,2811	0,2224	0,0379	0,1745	<b>0,5245*</b>	0,2849	0,3392
CCh				<b>0,5883*</b>	<b>0,6310*</b>	0,1384	0,1784	0,2444	0,4042	<b>0,4559*</b>	0,0806	0,4466	<b>0,4917*</b>	<b>0,5832*</b>
LC					0,3194	0,1118	0,3063	0,3469	0,2430	0,2216	0,2447	0,1745	0,0477	0,4147
TO						-0,0870	0,3107	0,0931	0,1194	0,4182	-0,1927	0,1194	<b>0,6221*</b>	<b>0,6494*</b>
LP							0,3599	<b>0,5625*</b>	<b>0,6418*</b>	0,0238	0,3659	0,2852	0,2717	0,2277
LG								<b>0,5738*</b>	0,1252	-0,0233	-0,0110	-0,1615	0,2963	0,2922
LoG									0,4008	0,0002	0,3092	0,1146	0,1183	0,3233
CC										<b>0,4777*</b>	<b>0,5694*</b>	<b>0,5450*</b>	0,3007	0,3487
CT											0,2359	0,3028	0,4166	0,3687
CE												0,2454	-0,0440	0,1685
CCa													0,2972	0,3448
AC														<b>0,8067*</b>
AG														

\* ( $p < 0,01$ ); CCb = comprimento de cabeça; CCh = comprimento do chanfro; LC = largura da cabeça; TO = tamanho da orelha; LP = largura do peito; LG = largura da garupa; LoG = longitude da garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal; CCa = circunferência da canela; AC = altura de cernelha; AG = altura de garupa.

**Tabela 3.** Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis ( $V^1$ ) aferidas no fim do experimento.

$V^1$	Peso	CCb	CCh	LC	TO	LP	LG	LoG	CC	CT	CE	CCa	AC	AG
Peso		0,4330	<b>0,4859*</b>	<b>0,6129*</b>	0,2397	<b>0,8193*</b>	<b>0,4834*</b>	<b>0,7547*</b>	<b>0,7936*</b>	<b>0,8179*</b>	<b>0,6963*</b>	<b>0,8217*</b>	<b>0,5985*</b>	<b>0,5499*</b>
Ccb			<b>0,7533*</b>	<b>0,6637*</b>	<b>0,7574*</b>	0,1387	0,0686	0,1527	0,3530	<b>0,5267*</b>	0,2122	0,4465	<b>0,6380*</b>	<b>0,5864*</b>
CCh				<b>0,6177*</b>	<b>0,7373*</b>	0,2042	0,0573	0,0604	0,3825	<b>0,4518*</b>	0,3320	0,3584	<b>0,5838*</b>	<b>0,6029*</b>
LC					<b>0,5396*</b>	<b>0,5391*</b>	0,1396	<b>0,5000*</b>	<b>0,4515*</b>	<b>0,6238*</b>	0,3550	<b>0,6073*</b>	<b>0,5294*</b>	<b>0,4735*</b>
TO						-0,0643	-0,1789	-0,0325	0,2683	0,2441	0,1456	0,0742	<b>0,6285*</b>	<b>0,5940*</b>
LP							<b>0,5117*</b>	<b>0,8000*</b>	<b>0,5233*</b>	<b>0,6583*</b>	<b>0,5167*</b>	<b>0,7432*</b>	0,2477	0,1500
LG								<b>0,5040*</b>	0,3301	0,3984	0,3295	<b>0,5022*</b>	0,3132	0,2331
LoG									<b>0,5746*</b>	<b>0,5464*</b>	0,4167	<b>0,7121*</b>	0,2434	0,1354
CC										<b>0,5822*</b>	<b>0,7040*</b>	<b>0,5823*</b>	<b>0,5489*</b>	<b>0,5233*</b>
CT											<b>0,5772*</b>	<b>0,7879*</b>	<b>0,5457*</b>	<b>0,4724*</b>
CE												<b>0,5445*</b>	0,4177	0,3917
CCa													0,4496	0,3748
AC														<b>0,9396*</b>
AG														

\* ( $p < 0,01$ ); CCb = comprimento de cabeça; CCh = comprimento do chanfro; LC = largura da cabeça; TO = tamanho da orelha; LP = largura do peito; LG = largura da garupa; LoG = longitude da garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal; CCa = circunferência da canela; AC = altura de cernelha; AG = altura de garupa.

**Tabela 4.** Coeficientes de ponderação dos fatores selecionados destacando (negrito) as variáveis com maiores autovetores em cada fator.

VAR	Início do experimento					Comunalidade	Fim do experimento			Comunalidade
	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5		Fator 1	Fator 2	Fator 3	
Peso	0,3712	0,6189	0,3298	0,0701	0,1665	0,6622	<b>0,8056</b>	0,2911	0,4473	<b>0,9338</b>
CCb	0,1682	0,0553	0,0893	-0,0137	<b>0,9117</b>	0,8708	0,1888	<b>0,8810</b>	0,1213	0,8265
CCh	0,5581	0,1573	-0,0072	0,6524	0,1828	0,7953	0,1521	<b>0,8353</b>	0,2053	0,7631
LC	0,1012	0,1563	0,2210	<b>0,8999</b>	-0,0243	0,8939	0,5787	<b>0,7055</b>	-0,0303	0,8336
TO	<b>0,8147</b>	-0,2039	0,0619	0,3409	0,0876	0,8331	-0,1224	<b>0,9023</b>	0,1577	0,8539
LP	0,0457	0,6347	0,5509	-0,1548	0,0391	0,7339	<b>0,9261</b>	0,0104	0,0981	0,8674
LG	0,2843	-0,0042	<b>0,8309</b>	0,1239	-0,2199	0,8349	0,5119	-0,2267	0,4843	0,5480
LoG	-0,0099	0,2994	<b>0,7869</b>	0,2357	0,2055	0,8068	<b>0,8865</b>	-0,0223	0,0961	0,7956
CC	0,2119	<b>0,8614</b>	0,1020	0,1126	0,1532	0,8334	0,5427	0,2242	0,5904	0,6933
CT	0,5744	0,4990	-0,3610	0,2224	-0,1673	0,7867	<b>0,7182</b>	0,3769	0,2952	0,7449
CE	-0,2074	<b>0,7695</b>	0,0564	0,1847	0,1050	0,6834	0,5091	0,0933	0,5796	0,6038
CCa	0,2020	0,4628	-0,1956	0,1412	0,6685	0,7600	<b>0,8439</b>	0,2333	0,2257	0,8176
AC	<b>0,9124</b>	0,1427	0,1521	-0,1479	0,1527	<b>0,9210</b>	0,1574	0,6048	<b>0,7009</b>	0,8817
AG	<b>0,7623</b>	0,1794	0,2347	0,2386	0,2524	0,7890	0,0549	0,5935	<b>0,7288</b>	0,8864
$\lambda_i$	5,0103	2,1943	1,7257	1,2341	1,0401		7,2107	2,8124	1,0267	
% VF	35,79	15,67	12,33	8,82	7,43		51,51	20,09	7,33	

VAR = variáveis; CCb = comprimento de cabeça; CCh = comprimento do chanfro; LC = largura da cabeça; TO = tamanho da orelha; LP = largura do peito; LG = largura da garupa; LoG = longitude da garupa; CC = comprimento corporal; CT = circunferência torácica; CE = circunferência escrotal; CCa = circunferência da canela; AC = altura de cernelha; AG = altura de garupa;  $\lambda_i$  = autovalores; %VF = porcentagem da variância explicada.

As comunalidades representam a proporção da variância para cada variável utilizada na análise, ou seja, o quanto determinada variável contribui para explicar a variância total de fatores considerados (Morrison, 1976). Observa-se que as variáveis Peso e LG apresentaram menores comunalidades na avaliação do conjunto de características no início e final do experimento, respectivamente. Ou seja, essas características possuem uma menor contribuição para explicação da variação total dos fatores quando comparada as demais variáveis. Pelo seu valor de comunalidade, percebe-se que o Peso contribuiu pouco para explicação da variação dos fatores no início do experimento, devido ao fato dos animais estarem bastante homogêneos nesta fase, o que é uma premissa da pesquisa experimental (Pimentel Gomes, 1999). No entanto, o peso apresentou alta comunalidade no final do experimento, fase em que os animais estavam expressando seu potencial produtivo. Quanto a LG, esta é uma medida que apresenta pouca variação em animais com a mesma faixa de idade, o que pode explicar sua menor contribuição na explicação da variação dos fatores.

Observou-se também maior comunalidade para a variável AC no início do experimento. Isso se deve ao fato desta característica apresentar alto autovetor no primeiro fator. Esse resultado indica a importância do peso e AC nesse estudo, pois elas apresentam a maior porção da variância compartilhada com todas as outras variáveis consideradas. A AC está associada ao biotipo do animal, sendo os genótipos que possuíam o sangue Berganês, puro ou mestiços, apresentam maiores em AC, ao passo que quanto mais apurado para Berganês maior a AC.

De maneira geral, todas as variáveis apresentaram valores de comunalidades aceitáveis, acima de 0,5 de acordo com Hair Jr et al. (2009), o que sugere um bom ajuste do modelo. As altas comunalidades entre um grupo de variáveis é um indício de que elas estão linearmente correlacionadas e, por isso, devem ser incluídas na análise fatorial.

### Variáveis medidas no início do experimento

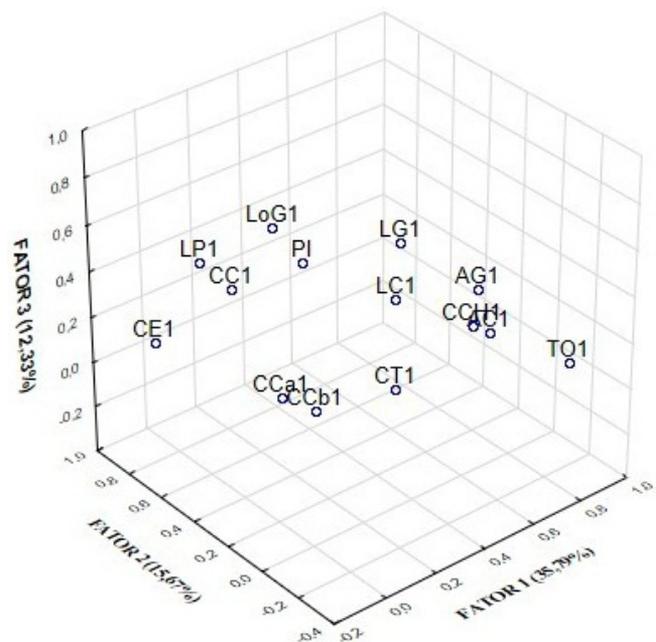
No Fator 1, as variáveis AC, TO e AG apresentaram maiores autovetores, e este fator explicou 35,79% da variação total dos dados. Para o Fator 2, as variáveis CC e CE apresentaram maiores autovetores, a variação total explicada por este fator foi de 15,67%. As variáveis de maior peso no Fator 3 foram LG e LoG, esse fator explicou 12,33% da variação dos dados. O Fator 4 representou 8,82 % da variação total, sendo a LC a variável de maior contribuição para essa variação. A variável que explicou a maior parte da variação do Fator 5 foi a CCb, e este fator teve uma contribuição de 7,43% de variação total dos dados. De maneira geral, as variáveis (AC e AG), (CC e CE) e (LG e LoG) obtidas nos fatores 1, 2 e 3 respectivamente, estão associadas ao desenvolvimento corporal dos animais. Já as variáveis LC e CCb estão relacionadas ao padrão racial dos animais, com isso, os Fatores 4 e 5 indicam as variáveis do grupo racial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mavule et al. (2013), ao estudarem ovinos adultos da raça Zulu na

África do Sul, encontraram que as variáveis responsáveis pelo desenvolvimento corporal e caracterização racial foram as que apresentaram maiores autovetores.

Na Figura 2, estão dispostos em plano tridimensional os três fatores obtido através da dispersão dos escores fatoriais das variáveis utilizadas no estudo. Um plano fatorial tridimensional é formado para explicar graficamente a relação das variáveis com os três primeiros fatores considerados, ou seja, é verificada associação entre variáveis e a relação dessas a um fator específico. Cargas fatoriais próximas a -1 ou 1 indicam que a variável influencia fortemente o fator, já cargas próximas de 0 indicam que a variável tem uma influência fraca no fator.

Observa-se que as variáveis (LP, LoG, Peso, CC e CE) estão próximas umas das outras e associadas aos fatores que mais contribuíram. Assim como as variáveis, (LC, CCb, CCh, CT e CCa) e (AG, AC e TO), mostrando uma ligação entre estas variáveis com os fatores que mais as representam.



**Figura 2.** Representação fatorial das variáveis aferidas no início do experimento

### Variáveis medidas no fim do experimento

No Fator1, as variáveis LP, LoG, CCa e Peso apresentaram maiores autovetores. A variação explicada por este fator foi de 51,51%. Este fator é representado por variáveis que definem o desenvolvimento corporal dos animais.

A variação explicada pelo Fator 2 foi de 20,09 %, com maior poder de explicação para as variáveis TO, CCb e CCh que são associadas ao padrão racial dos animais.

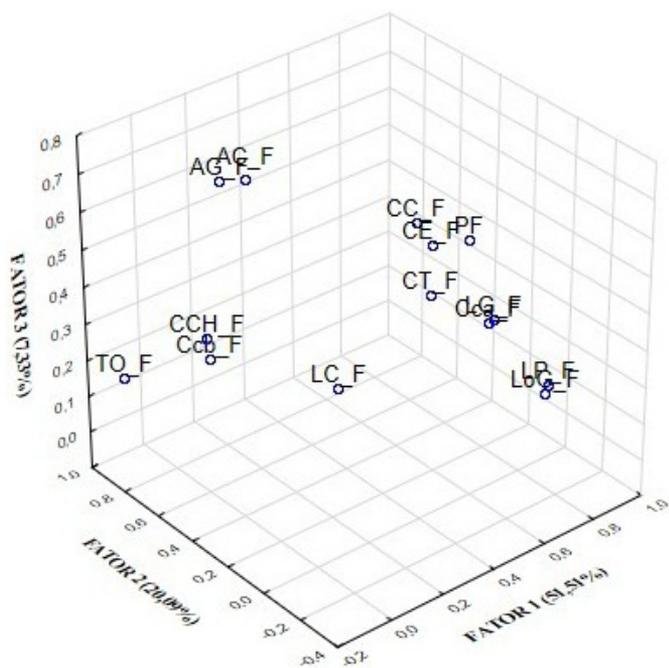
O Fator 3 explicou 7,33 % da variação total dos dados com maior contribuição das variáveis AG e AC. Estas variáveis estão fortemente ligadas ao porte e tamanho do animal. Mavule et al. (2013), estudando a caracterização morfológica de ovinos jovens e adultos da raça Zulu na África do Sul, observaram que variáveis com maior maiores autovetores nos dois primeiros fatores foram as relacionadas ao desenvolvimento corporal

dos animais. Por outro lado, Yakubu et al. (2011), avaliando as características biométricas de ovinos no sudoeste da Nigéria verificaram que variáveis associadas ao tamanho do animal foram as mais importantes nos primeiros fatores.

Gusmão Filho et al. (2009) em medidas morfométricas de ovinos Santa Inês, obtiveram cinco fatores que explicaram 91,19% da variação total dos dados, sendo o primeiro fator associado à altura do animal, o segundo ao efeito sexual, o terceiro ao desenvolvimento corporal, o quarto a largura do peito e o quinto a garupa. Birteeb et al. (2013), realizando medições corporais para avaliar características fenotípicas de ovinos das raças Djallonke e Sahel, encontraram dois fatores que explicaram 87,19% da variação total dos dados, sendo as variáveis que obtiveram maiores autovetores aquelas relacionadas ao tamanho do animal e largura do animal.

Através do plano tridimensional foi possível observar as relações existentes entre as variáveis que descrevem o padrão racial (CCb, CCh, LC e TO), a aproximação entre essas variáveis demonstra associação entre elas, e a relação delas com o fator 2. Também se observou associação entre (CC, CE, PF, CT, CCa, LG, LP e LoG) que são variáveis que associadas ao desenvolvimento corporal. As variáveis (AC e AG) representam o porte ou tamanho do animal, e são fortemente relacionadas entre elas e com o fator 3, no qual tiveram maior contribuição (Figura 3).

As principais variáveis com maior poder de discriminação no início de experimento foram (TO, CCa, LG, LC, CE, CCh e AC)



**Figura 3.** Representação fatorial das variáveis aferidas no fim do experimento.

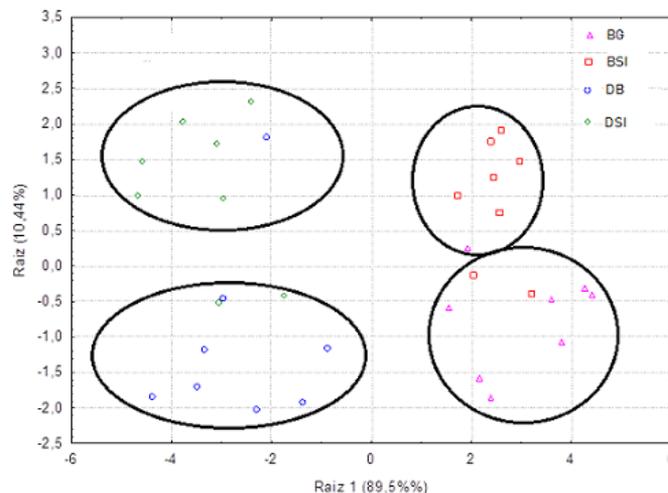
(Tabela 5). As variáveis (TO, LC e CCh) indicam uma diferença na caracterização racial entre os genótipos. As medidas (CCa e CE) estão discriminando o desenvolvimento corporal através de circunferências. Já (LG e AC) estão indicando que os animais são diferentes quanto a forma do corpo e o porte respectivamente.

Para os genótipos BG e DB, 87,5% dos animais pertencentes a ambos os grupos foram classificados em seu grupo de origem, porém para os genótipos BSI e DSI, 75% dos animais foram classificados no seu grupo de origem. Vale salientar que no genótipo BSI existe uma forte participação do genótipo BG em sua formação, tendo em vista que a raça Santa Inês teve contribuição genética das mesmas raças que formaram o BG, e além disso o BSI é oriundo do cruzamento entre o ecótipo Berganês com a raça Santa Inês, e isso provavelmente aumentou o grau de sangue do genótipo BG no BSI.

Contudo, a idade dos animais pode ter facilitado para essas possíveis classificações, tendo em vista que por estarem ainda jovens no período da coleta, alguns dos animais não tinham desenvolvido todas as características próprias de seu grupo, o que levou a possível classificação em outro genótipo.

Asamoah-Boaheng & Sam, (2016) avaliando através de medidas biométricas em ovinos dos genótipos Djallonke, Sahel e cruzados, identificaram que 34,8% e 11,1% dos ovinos dos genótipos Djallonke e Sahel, respectivamente, poderiam ser classificados como cruzados, todavia para o genótipo cruzado 17,2% dos ovinos poderiam ser classificados como Djallonke.

Na Figura 4 encontra-se a representação gráfica dos grupos avaliados. Observou-se maior proximidade entre os grupos BG e BSI. Os demais grupos foram bem definidos e



**Figura 4.** Representação discriminante de características biométricas aferidas no início do experimento nos genótipos BG, BSI, DB e DSI.

**Tabela 5.** Função Linear gerada e percentagem de animais agrupados em cada grupo genético no início do experimento.

Função Linear	%
$Y_{(BG)} = -380,29 + 3,55_{(TO)} + 8,36_{(CCa)} - 0,47_{(LG)} + 31,10_{(LC)} + 0,49_{(CE)} - 2,12_{(CCh)} + 5,68_{(AC)}$	87,5
$Y_{(BSI)} = -335,33 + 3,12_{(TO)} + 7,20_{(CCa)} - 0,67_{(LG)} + 30,13_{(LC)} + 0,37_{(CE)} - 2,42_{(CCh)} + 5,53_{(AC)}$	75,0
$Y_{(DB)} = -351,75 - 1,10_{(TO)} + 16,71_{(CCa)} + 3,64_{(LG)} + 20,49_{(LC)} + 1,25_{(CE)} + 2,61_{(CCh)} + 4,81_{(AC)}$	87,5
$Y_{(DSI)} = -311,37 - 1,82_{(TO)} + 16,03_{(CCa)} + 3,63_{(LG)} + 20,60_{(LC)} + 0,91_{(CE)} + 2,33_{(CCh)} + 4,56_{(AC)}$	75,0

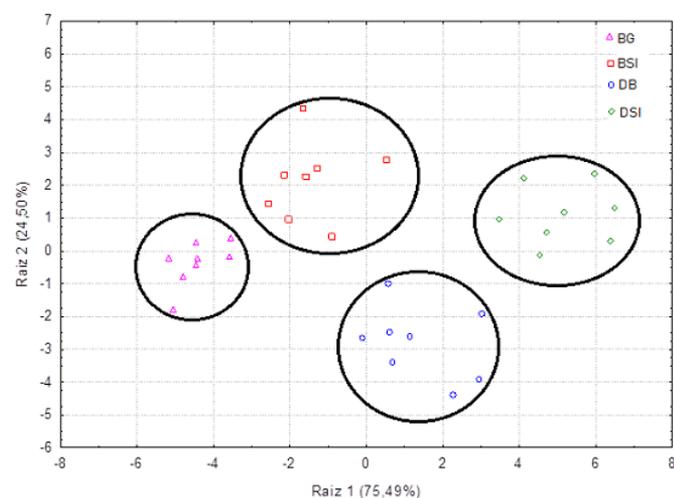
**Tabela 6.** Função Linear gerada e percentagem de animais agrupados em cada grupo genético no final do experimento.

Função Linear	%
$Y_{(BG)} = -11,52 + 16,65_{(TO)} - 6,77_{(CT)} + 1,06_{(LG)} + 3,90_{(AC)} + 9,47_{(CCa)} - 1,08_{(CC)} - 6,28_{(LoG)} - 4,00_{(CCh)}$	100
$Y_{(BSI)} = -4,99 + 5,31_{(TO)} - 5,23_{(CT)} - 1,18_{(LG)} + 1,48_{(AC)} + 1,82_{(CCa)} + 0,86_{(CC)} - 2,69_{(LoG)} - 2,00_{(CCh)}$	100
$Y_{(DB)} = -6,30 - 6,47_{(TO)} + 6,29_{(CT)} - 0,39_{(LG)} - 0,47_{(AC)} - 1,31_{(CCa)} - 2,52_{(CC)} + 3,59_{(LoG)} + 3,18_{(CCh)}$	100
$Y_{(DSI)} = -15,67 - 17,70_{(TO)} + 6,53_{(CT)} + 0,58_{(LG)} - 5,61_{(AC)} - 11,41_{(CCa)} + 3,13_{(CC)} + 6,16_{(LoG)} + 3,21_{(CCh)}$	100

distantes, o que reflete as classificações corretas obtidas, cujos percentuais estão indicados na Tabela 5.

Na fase final do experimento, observa-se que todos os animais foram classificados corretamente em seus respectivos genótipos (Tabela 6). Esse fato pode ser explicado pelo avanço na idade dos animais, cuja maturidade permitiu que esses apresentassem características próprias de seu genótipo e distintas dos demais. Observou-se que as variáveis (TO, CT, LG, AC, CCa, CC, LoG e CCh) foram as mais importantes para diferenciar os grupos genéticos estudados. As variáveis TO e CCh são relacionadas ao padrão racial, as variáveis LG e LoG são as que discriminam a forma do corpo e, a variável AC tem grande contribuição na discriminação da forma do corpo nos diferentes genótipos.

Observou-se maior distância entre o grupos Berganês (BG) com os cruzados de Dorper com Santa Inês (DSI), devido serem os grupos de maior diferenciação genética (Figura 5). Os demais grupos se aproximam mais do grupo BG, o que era esperado, devido a maior participação do genótipo BG na formação dos demais.



**Figura 5.** Representação discriminante de características biométricas aferidas no fim do experimento nos genótipos BG, BSI, DB e DSI.

## Conclusão

As características biométricas, avaliadas sob a perspectiva multivariada foram eficientes para definir o perfil fenotípico do grupo genético Berganês e diferenciá-lo dos cruzados.

As variáveis mais importantes para caracterizar os genótipos avaliados através da análise fatorial estão associadas ao padrão racial e desenvolvimento corporal dos animais. A

análise discriminante indicou que o grupo genético Berganês apresenta desenvolvimento corporal distinto dos cruzados.

## Literatura Citada

- Afolayan, R. A. W.; Pitchford, S.; Weatherly, A. W.; Bottema, C. D. K. Genetic Variation in Growth and Body Dimensions of Jersey and Limousin Cross Cattle. 1. Pre- Weaning Performance. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v. 15, n. 10, p. 1371–1377, 2002. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.1378>.
- Arandas, J. K. G.; Silva, N. M. V.; Nascimento, R. B.; Pimenta Filho, E. C.; Brasil L. H. A.; Ribeiro, M.N. Multivariate analysis as a tool for phenotypic characterization of an endangered breed. Journal of Applied Animal Research, v. 45, n. 1, p. 152–158, 2017. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1125353>.
- Asamoah-Boaheng, M.; Sam, E. K. Morphological characterization of breeds of sheep: a discriminant analysis approach. SpringerPlus, v. 5, n. 69, p. 1–12, 2016. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1669-8>.
- Birteeb, P. T.; Peters, S. O.; Yakubu, A.; Adeleke, M. A.; Ozoje, M. O. Multivariate characterisation of the phenotypic traits of Djallonke and Sahel sheep in Northern Ghana. Tropical Animal Health and Production, v. 45, n.1, p. 267–274, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0211-4>.
- Cazar, R. A. An exercise on chemometrics for a quantitative analysis course. Journal of Chemical Education, v. 80, n. 9, p. 1026–1029, 2003. <https://doi.org/10.1021/ed080p1026>.
- Conrado, V. D. C.; Arandas, J. K. G.; Ribeiro, M. N. Modelos de regressão para predição do peso da raça Canindé através de medidas morfométricas. Archivos de Zootecnia, v. 64, n. 247, p. 277–280, 2015. <https://doi.org/10.21071/az.v64i247.400>.
- Dossa, L. H.; Wollny, C.; Gaulty, M. Spatial variation in goat populations from Benin as revealed by multivariate analysis of morphological traits. Small Ruminant Research, v. 73, n. 1–3, p. 150–159, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.01.003>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. FAOSTAT. Live animals. Brasil. 2016. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>. 18 Nov. 2018.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. World Statistical Compendium for raw hides and skins, leather and leather footwear 1993-2012. Rome: FAO, 2013. 169p. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Hides\\_Skins/Documents/COMPENDIUM2013.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Hides_Skins/Documents/COMPENDIUM2013.pdf). 05 Nov. 2018.
- Ferraud, A. S. Técnicas de análise multivariada. São Caetano do Sul: 1ª Edição, 2005. 153p.
- Gusmão Filho, J. D.; Teodoro, S. M.; Chaves, M. A.; Oliveira, S. S. Análise fatorial de medidas morfométricas em ovinos tipo santa inês. Archivos de Zootecnia, v. 58, n. 222, p. 289–292, 2009. <https://doi.org/10.4321/S0004-05922009000200015>.

- Hair Jr, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E.; TathaM, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 689p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=downloads>. 16 Jun. 2016.
- Kaiser, H. F. The Application of Electronic Computers to Factor Analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v. 20, n. 1, p. 141–151, 1960. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>.
- Koritiaki, N.A.; Ribeiro, E.L.A.; Fernandes Junior, F.; Souza, C. L.; Constantino, C. Predição do peso vivo a partir de mensurações corporais em cordeiros Santa Inês. *Revista Synergismus Scientifica UTFPR.*, v.7, p. 1-3, 2012. <https://revistas.utfpr.edu.br/pb/index.php/SysScy/article/download/1485/948>. 05 Nov. 2018.
- Martins, E. C.; Magalhães, K. A.; Souza, J. D. F.; Guimarães, V. P.; Barbosa, C. M. P.; Holanda Filho, C. F. Cenários mundial e nacional da caprinocultura e da ovinocultura. *Ativos Ovinos e Caprinos*, v. 2, p. 3–6, 2016. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158899/1/CNPC-2016-Cenarios.pdf>. 11 Nov. 2018.
- Mavule, B. S.; Muchenje, V.; Bezuidenhout, C. C.; Kunene, N. W. Morphological structure of Zulu sheep based on principal component analysis of body measurements. *Small Ruminant Research*, v. 111, n. 1–3, p. 23–30, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.09.008>.
- Mishra, A. K.; Vohra, V.; Raja, K. N.; Singh, S.; Yashwant, S. Principal component analysis of biometric traits to explain body conformation in Kajali sheep of Punjab, India. *Indian Journal of Animal Sciences*, v. 87, n. 1, p. 9398, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/316506445>. 18 Jan. 2019
- Morrison, D. F. *Multivariate statistical methods*. 2 ed. New York: McGraw-Hill Company, 1976. 415p.
- Owens, F. N.; Dubeski, P.; Hanson, C. F. Factors that Alter the Growth and Development of Ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 71, n. 11, p. 3138–3150, 1993. <https://doi.org/10.2527/1993.71113138x>.
- Pimentel-Gomes, F. *Curso de estatística experimental*. 13.ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.
- Yakubu, A. Principal component analysis of the conformation traits of Yankasa sheep. *Biotechnology in Animal Husbandry*, v. 29, n. 1, p. 65–74, 2013. <https://doi.org/10.2298/BAH1301065Y>.
- Yakubu, A.; Salako, A.; Abdullah, A.-R. Varimax rotated principal component factor analysis of the zoometrical traits of Uda sheep. *Archivos de Zootecnia*, v. 60, n. 231, p. 26–37, 2011. <http://scielo.isciii.es/pdf/azoo/v60n231/art69.pdf>. 05 Jan. 2019.
- Yáñez, E.A.; Resende, K.T.; Ferreira, A.C.D.; Medeiros, A. N.; Silva Sobrinho, A. G. Da; Pereira Filho, J. M.; Teixeira, I. A. M. De A.; Artoni, S. M. B. Utilização de Medidas Biométricas para Predizer Características Cabritos Saanen. *Revista Brasileira de Zootecnia.*, v.33, n.6, p.1564-1572, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000600024>.
- Zepeda, J. S. H.; Guerra, F.J. F.; García, M. H.; Serrano, E. R.; Vázquez, A. C. S.; Cruz, A. B.; Bermejo, J. V. D. Estudio de los recursos genéticos de México: características morfológicas y morfoestructurales de los caprinos nativos de Puebla. *Archivos de Zootecnia*, v. 51, p. 53–64, 2002. [http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01\\_22\\_09\\_08hernandez.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/01_22_09_08hernandez.pdf). 04 Feb. 2019.