

## **Análise Multivariada das Medidas Morfométricas de Potros da Raça Mangalarga Marchador: Análise de Componentes Principais<sup>1</sup>**

**Luís Fernando Batista Pinto<sup>2</sup>, Fernando Queiroz de Almeida<sup>3</sup>, Célia Raquel Quirino<sup>4</sup>, Pedro Cezar Nehme de Azevedo<sup>5</sup>, Grasielle Coelho Cabral<sup>2</sup>, Anderson Corassa<sup>6</sup>**

**RESUMO** - Objetivou-se, com este trabalho, a avaliação morfométrica de potros da raça Mangalarga Marchador, a partir da análise de componentes principais. As medidas corporais foram efetuadas na semana do nascimento dos potros, em 55 potros e 41 potras; aos seis meses de idade, em 35 potros e 37 potras; e aos 12 meses de idade, em 19 potros e 31 potras. Foram efetuadas 25 mensurações lineares, envolvendo altura, comprimento, largura e perímetros, e 11 mensurações angulares. Na avaliação dos animais com 12 meses de idade, foram consideradas apenas 19 medidas lineares, além das 11 angulares. Nas potras e potros recém-nascidos, a análise reduziu o número de medidas lineares de 25 para 7 e 9, respectivamente, enquanto nas medidas angulares, a redução foi de 11 para 6 e 7, nas potras e potros, respectivamente. Nas potras e potros com seis meses de idade, observou-se decréscimo no número de medidas lineares de 25 para 8 e 9, respectivamente, enquanto nas medidas angulares, a redução foi de 11 para 6, em ambos os sexos. Nas potras e potros com 12 meses de idade, a redução das medidas lineares foi de 19 para 6 e 5, respectivamente, enquanto nas medidas angulares, de 11 para 6 e 5, nas potras e potros, respectivamente. A análise dos componentes principais foi eficiente em reduzir o número de medidas lineares e angulares necessárias para a avaliação morfométrica de potros, sendo a redução maior entre as medidas lineares do que entre as angulares, entretanto, os dois primeiros componentes principais, nas diferentes idades estudadas, não conseguiram explicar 80% da variação total disponível, o que impossibilitou a interpretação em um plano bidimensional.

Palavras-chave: medidas angulares, equinos, medidas lineares, morfologia

## **Multivariate Analysis of the Body Measures in Mangalarga Marchador Foals: Principal Components Analysis**

**ABSTRACT** - This work aimed to evaluate body measures of colts and fillies of Mangalarga Marchador breed with principal components analysis. Measures were performed at birth week, in 55 colts and 41 fillies; at six months of age, in 35 colts and 37 fillies; and at twelve months of age, in 19 colts and 31 fillies. There were made 25 linear measures, including height, length, width and girth, and 11 angular measures. Evaluation of animals with 12 months of age was made with 19 linear and 11 angular measures. Analysis of linear measures in newly born reduced the number of measures from 25 to 7 and 9 in fillies and colts, respectively, while for angular measures the reduction was from 11 to 6 and 7 in the fillies and colts, respectively. Analysis of linear measures in animals with six months age reduced the number of measures from 25 to 8 and 9, in the fillies and colts, respectively, while for angular measures the reduction was from 11 to 6, in both sexes. At twelve months of age the reduction of linear measures was from 19 to 6 and 5, for fillies and colts, respectively, while for angular measures the reduction was from 11 to 6 and 5, for fillies and colts, respectively. Principal components analysis was efficient to reduce the number of linear and angular measures for morfometric evaluation of colts and fillies, with larger reduction among linear measures. The two first principal components, in the different evaluated ages, did not explained 80% of total variation available, and were not possible to judge at two-dimensional level

Key Words: angular measures, horse, linear measures, morfometric

### **Introdução**

A raça Mangalarga Marchador, raça nacional equina mais expressiva em termos numéricos, possui

um padrão racial definido pela Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Mangalarga Marchador (ABCCMM) a partir de avaliações do exterior e da mensuração de altura na cernelha dos animais, nos

<sup>1</sup> Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFRRJ. Projeto de pesquisa financiado pela FAPERJ.

<sup>2</sup> Zootecnista. Mestre em Zootecnia – UFRRJ – Seropédica – RJ.

<sup>3</sup> Professor Adjunto. Instituto de Veterinária – UFRRJ. Bolsista do CNPq.

Correspondência: DMCV-IV-UFRRJ. BR 465, km 7, Seropédica, RJ. CEP: 23890-000. E.mail: falmeida@ufrj.br

<sup>4</sup> Professor Associado – LMGA-CCTA-UENF – Campos dos Goytacazes – RJ. E.mail: crq@uenf.br

<sup>5</sup> Professor Adjunto. Departamento de Genética-IB-UFRRJ – Seropédica, RJ. CEP: 23890-000. E.mail: nehme@ufrj.br

<sup>6</sup> Discente de graduação em Zootecnia – UFRRJ. Bolsista de Iniciação Científica FAPERJ.

quais a presença do andamento marchado é obrigatória. Este andamento, característico nos animais da raça Mangalarga Marchador, resulta da coordenação neuromotora dos movimentos, do treinamento e de medidas morfométricas adequadas. Assim sendo, torna-se necessário avaliar medidas lineares de alturas, comprimentos, distâncias, perímetros e larguras, além das medidas angulares dos raios ósseos das principais articulações envolvidas com a dinâmica do andamento marchado.

As medidas morfométricas podem ser avaliadas no animal em crescimento, pois a comercialização dos potros ocorre principalmente no primeiro ano de vida e responde por grande parte da receita bruta dos criatórios. Além disso, conhecer o padrão de desenvolvimento permite a estimativa de parâmetros que possibilitem selecionar, com acurácia elevada, os animais ainda em idade precoce como no desmame, evitando o descarte equivocado de animais no ato da comercialização.

Segundo Morrison (1976), a análise de componentes principais surgiu da necessidade de conhecer as estruturas de dependência das variáveis quando as respostas são de natureza simétrica e, *a priori* não é encontrado nenhum padrão de causalidade. A análise de componentes principais consiste em transformar um conjunto original de variáveis (altura, largura etc) em outro conjunto de dimensão equivalente, mas com propriedades importantes e de grande interesse em certos estudos de melhoramento genético, como no estudo da divergência genética. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, mas, diferentemente destas, os componentes são independentes entre si e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos de variação total da amostra (Cruz & Regazzi, 2001).

O emprego da análise de componentes principais no estudo de aspectos morfométricos e de desempenho em equinos é relativamente recente. García et al. (1987), utilizando a análise de componentes principais avaliaram as correlações entre 24 medidas de equinos da raça Árabe, verificaram que com cinco componentes principais foi possível explicar 53,4% da variação total.

Barbosa (1993) avaliando animais adultos da raça Mangalarga Marchador constatou que em um grupo de machos campeões o primeiro componente principal (CP1) explicou 36,2% da variação total, ao

passo que, em um grupo de machos não-campeões, o CP1 explicou 33,1% da variação total. Considerando um grupo de fêmeas campeãs, o CP1 explicou 39,8%, enquanto, em um grupo de fêmeas não-campeãs, o CP1 explicou 34,5%, da variação total. Van Bergen & Van Arendonk (1993), avaliando pôneis da raça Shetland, utilizaram a análise de componentes principais para reduzir o número de variáveis e, assim, proporcionar melhor seleção efetiva para características de tipo racial.

Ahunu & Canacoo (1999) estudaram as medidas morfométricas de Jumentos em três faixas etárias, com menos de 12 meses, entre 13 e 47 meses e acima de 47 meses de idade, e observaram que nos animais jovens os três componentes iniciais explicaram 88,2% da variação total, 89,4% nos intermediários e 68,6% nos animais adultos. Enquanto, Kashiwamura et al. (2001), avaliando 12 medidas lineares de cavalos da raça Banei Draft, conseguiram explicar 83% da variação total ao utilizar cinco componentes principais. Miserani et al. (2002) avaliando equinos da raça Pantaneiro, conseguiram explicar 46% da variação total das 15 medidas lineares com os dois primeiros componentes principais.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador utilizando a análise de componentes principais visando a identificação das medidas lineares e angulares associadas aos componentes principais que mais contribuem para a explicação da variância total disponível.

## Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, utilizando dados de animais oriundos de diversos criatórios de equinos da raça Mangalarga Marchador nas regiões circunvizinhas ao *campus* universitário, no período de agosto de 2000 a junho de 2003.

As medidas foram feitas na semana do nascimento dos potros, em um grupo de 55 potros e 41 potras; aos seis meses de idade, em um grupo de 35 potros e 37 potras; e aos 12 meses de idade, em um grupo de 19 potros e 31 potras. As mensurações foram efetuadas nos animais em estação forçada, isto é, membros, anterior e posterior, na perpendicular sobre um piso plano, formando um paralelogramo retangular, de forma que visto de perfil, seus membros, para cada bípede, se encobrem e vistos de frente ou detrás estão

na vertical e igualmente apoiados no piso. As medidas foram obtidas sempre do lado direito do animal utilizando um hipômetro, uma fita métrica, um artrogoniômetro e um angulador de casco.

Foram efetuadas 25 medidas lineares: altura na cernelha, na garupa e no costado; comprimento do corpo, da garupa, do dorso-lombo, da escápula, do pescoço, da cabeça e dos cascos anterior e posterior; largura da cabeça, do peito e da anca; distância da ponta da escápula ao boleto, do codilho ao solo, do codilho ao joelho, do joelho ao boleto, da soldra ao jarrete e do jarrete ao boleto; perímetro torácico, do antebraço, do joelho, do boleto e da canela. Além dessas medidas, foram efetuadas 11 mensurações angulares: ângulo escápulo-solo, ângulo escápulo-umeral, ângulo úmero-radial, ângulo metacarpo-falangeano, ângulo falange-solo-anterior, ângulo coxal-solo, ângulo coxofemoral, ângulo fêmur-tibial, ângulo tíbio-metatarsiano, ângulo metatarso-falangeano e ângulo falangeano-solo-posterior.

Os procedimentos de mensuração foram descritos por Torres & Jardim (1992) exceto as medidas das distâncias da ponta da escápula ao boleto, do joelho ao boleto e do jarrete ao boleto descritas por Thompson (1995), das distâncias do codilho ao solo, do codilho ao joelho e da soldra ao jarrete descritas por Cabral (2002) e, das medidas dos ângulos coxal-solo ilustrado por Camargo & Chieffi (1971) e escápulo-solo descrita por Brito (1990).

Segundo Morrison (1976), os componentes principais são combinações lineares das variáveis originais e são estimados de forma que os primeiros componentes principais associados aos maiores autovalores retenham o maior percentual da variância total. Cada variável original está associada ao componente principal por meio de um coeficiente de ponderação, cujo valor absoluto determina a importância da característica naquele componente principal. Dessa forma, é possível identificar quais variáveis originais são passíveis de descarte, o que se faz eliminando nos últimos componentes, ou seja, naqueles que explicam percentuais muito reduzidos da variância total, as características associadas aos maiores coeficientes de ponderação.

Os componentes principais selecionados foram os primeiros cuja soma de autovalores foi capaz de explicar percentual mínimo de 80% da variação total; os demais foram eliminados, segundo metodologia descrita por Morrison (1976) e adotada por Barbosa (1993), considerando que percentuais abaixo de 80% seriam

utilizados se houvesse conhecimento pleno dos dados analisados, não sendo, portanto, utilizado na avaliação morfométrica de potros e potras neste trabalho.

As análises foram conduzidas utilizando o programa *Statistica for Windows* versão 5.0 (1995).

## Resultados e Discussão

Nas potras recém-nascidas, foram necessários sete componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variação total existente nas medidas morfométricas, como pode ser observado na Tabela 1.

Analisando os coeficientes de ponderação (autovetores) de cada variável, nos diferentes componentes, foi possível obter a principal variável de cada componente e, assim, ordenar as mesmas do primeiro até o último componente principal.

As medidas foram assim ordenadas: perímetro do antebraço no CP1, comprimento do casco anterior no CP2, altura na garupa no CP3, largura do peito no CP4, comprimento do dorso-lombo no CP5, comprimento do pescoço no CP6 e distância do codilho ao joelho no CP7. As medidas da largura da cabeça no CP8, distância do joelho ao boleto no CP9, distância da soldra ao jarrete no CP10, perímetro do boleto no CP11, comprimento da cabeça CP12, distância do jarrete ao boleto no CP13, distância do codilho ao solo no CP14, largura da anca no CP15, perímetro da canela no CP16, comprimento da escápula no CP17, comprimento da garupa no CP18, distância da ponta da escápula ao boleto no CP19, perímetro do joelho no CP20, altura do costado no CP21, comprimento do casco posterior no CP22, comprimento do corpo no CP23, perímetro torácico no CP24 e altura na cernelha no CP25, são passíveis de descarte pois nas análises efetuadas não apresentaram variação importante para a discriminação dos animais, ou estão fortemente correlacionadas com alguma das sete primeiras variáveis, o que as tornam redundantes.

O autovetor do primeiro componente principal, nas potras recém-nascidas apresentou coeficiente de ponderação negativo apenas para a variável comprimento do casco posterior. Portanto, este componente é conhecido como o componente de variação do tamanho ou tendência de crescimento, o que determina aumento ou diminuição do componente, de acordo com a variação das variáveis originais.

Tabela 1 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares de potras recém-nascidas

Table 1 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in newly born fillies

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalues</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	11,6914	46,77	11,6914	46,77
CP2	2,8779	11,51	14,5693	58,28
CP3	1,5619	6,25	16,1312	64,52
CP4	1,3052	5,22	17,4364	69,75
CP5	1,2071	4,83	18,6435	74,57
CP6	0,9341	3,74	19,5776	78,31
CP7	0,8800	3,52	20,4576	81,83

Nos potros recém-nascidos, foram necessários nove componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variação total existente, sendo possível reduzir o número de variáveis de 25 para nove, duas a mais que nas potras com a mesma idade (Tabela 2).

As medidas foram assim ordenadas: comprimento do casco anterior no CP1, altura na garupa no CP2, largura da anca no CP3, comprimento da cabeça no CP4, distância da ponta da escápula ao boleto no CP5, comprimento do pescoço no CP6, largura do peito no CP5, comprimento da escápula no CP7, largura da cabeça no CP8 e perímetro do antebraço no CP9.

As medidas da distância do jarrete ao boleto, perímetro da canela, distância do codilho ao solo, comprimento do dorso-lombo, comprimento da garupa, distância do codilho ao joelho, distância da soldra ao jarrete, distância do joelho ao boleto, perímetro torácico, altura do costado, comprimento do corpo, perímetro do joelho, perímetro do boleto, comprimento do casco posterior e altura na cernelha, do CP10 ao CP25, respectivamente, podem ser excluídas de análises posteriores.

O autovetor do primeiro componente, nos potros recém-nascidos, teve coeficiente de ponderação negativo para quatro variáveis, comprimento do corpo, da cabeça, do dorso-lombo e do codilho ao joelho. Neste caso, o componente é conhecido como componente de variação da forma.

O perímetro do antebraço, o comprimento do dorso-lombo e a distância do codilho ao joelho foram importantes apenas para potras, enquanto a largura da anca, o comprimento da cabeça, a distância da ponta da escápula ao boleto, o comprimento da escápula e a largura da cabeça, foram consideradas

importantes somente para potros. As medidas consideradas importantes para ambos os sexos foram o comprimento do casco anterior, altura na garupa, largura do peito e comprimento do pescoço.

Na avaliação das medidas lineares de potras com seis meses de idade, foram necessários oito componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variação total existente (Tabela 3). As medidas foram assim ordenadas: distância do codilho ao solo no CP1, comprimento do casco anterior no CP2, perímetro da canela no CP3, distância do jarrete ao boleto no CP4, comprimento do dorso-lombo no CP5, distância do codilho ao joelho no CP6, largura do peito no CP7 e perímetro do antebraço no CP8.

As medidas do comprimento do pescoço, perímetro torácico, comprimento da escápula, perímetro do joelho, altura do costado, distância do joelho ao boleto, largura da anca, largura da cabeça, comprimento da cabeça, distância da soldra ao jarrete, comprimento da garupa, comprimento do corpo, altura na garupa, perímetro do boleto, comprimento do casco posterior, distância da ponta da escápula ao boleto e altura na cernelha, do CP9 ao CP25, respectivamente, foram descartadas, pois, segundo a análise efetuada tais variáveis, não apresentam variação importante ou estão fortemente correlacionadas com uma das oito primeiras variáveis.

O autovetor do primeiro componente principal, para potras com seis meses de idade, apresentou coeficiente de ponderação negativo apenas para o comprimento do dorso-lombo. Neste caso, o componente é conhecido como o componente de variação do tamanho.

Na avaliação das medidas lineares de potros com seis meses de idade, foram necessários nove componentes principais para explicar um percentual

Tabela 2 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares de potros recém-nascidos

Table 2 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in newly born colts

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	8,8928	35,57	8,8928	35,57
CP2	2,6513	10,61	11,5441	46,18
CP3	1,7245	6,90	13,2686	53,07
CP4	1,5421	6,17	14,8108	59,24
CP5	1,2553	5,02	16,0661	64,26
CP6	1,2212	4,88	17,2873	69,15
CP7	1,0861	4,34	18,3735	73,49
CP8	0,9205	3,68	19,2940	77,18
CP9	0,8075	3,23	20,1015	80,41

Tabela 3 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares de potras com seis meses de idade

Table 3 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in fillies with six months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	10,3550	41,42	10,3550	41,42
CP2	2,3174	9,27	12,6724	50,69
CP3	1,9705	7,88	14,6429	58,57
CP4	1,5899	6,36	16,2327	64,93
CP5	1,4194	5,68	17,6522	70,61
CP6	1,1401	4,56	18,7922	75,17
CP7	0,9668	3,87	19,7590	79,04
CP8	0,7554	3,02	20,5145	82,06

mínimo de 80% da variação total existente, reduzindo o número de variáveis de 25 para 9, uma a mais que o registrado nas potras da mesma faixa etária (Tabela 4).

As medidas foram assim ordenadas: perímetro torácico no CP1, perímetro do antebraço no CP2, distância do codilho ao joelho no CP3, comprimento do pescoço no CP4, largura da cabeça no CP5, comprimento da escápula no CP6, distância do joelho ao boleto no CP7, distância do jarrete ao boleto no CP8 e comprimento do casco posterior no CP9. As medidas do perímetro do boleto, comprimento do dorso-lombo, comprimento do corpo, distância da soldra ao jarrete, largura da anca, comprimento da garupa, perímetro do joelho, comprimento da cabeça, perímetro da canela, comprimento do casco anterior, largura do peito, distância da ponta da escápula ao boleto, altura na garupa, distância do codilho ao solo, altura do costado e altura na cernelha, do CP10 ao CP25, respectivamente, foram descartadas.

O autovetor do primeiro componente principal de potros com seis meses de idade teve coeficiente de ponderação negativo apenas para a variável comprimento da garupa, portanto, um componente de variação do tamanho.

A distância do codilho ao solo, o comprimento do casco anterior, o perímetro da canela, o comprimento do dorso-lombo e a largura do peito foram medidas importantes apenas para as potras, enquanto o perímetro torácico, o comprimento do pescoço, a largura da cabeça, o comprimento da escápula, a distância do joelho ao boleto e o comprimento do casco posterior apresentaram importância apenas para os potros. As medidas consideradas importantes em ambos os sexos, aos seis meses de idade, foram a distância do jarrete ao boleto, a distância do codilho ao joelho e o perímetro do antebraço.

Na análise dos animais com 12 meses de idade, os

Tabela 4 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares de potros com seis meses de idade

Table 4 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in colts with six months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	9,9629	39,85	9,9629	39,85
CP2	2,0037	8,01	11,9666	47,87
CP3	1,9268	7,71	13,8934	55,57
CP4	1,6437	6,57	15,5371	62,15
CP5	1,2596	5,04	16,7968	67,19
CP6	1,1197	4,48	17,9165	71,67
CP7	1,0213	4,09	18,9378	75,75
CP8	0,8824	3,53	19,8202	79,28
CP9	0,8080	3,23	20,6282	82,51

comprimentos dos cascos anterior e posterior, as distâncias da ponta da escápula ao boleto e do joelho ao boleto, e os perímetro do boleto e do joelho foram retiradas, devido à análise de componentes principais requerer um tamanho de amostragem que seja pelo menos igual ao número de variáveis consideradas, sendo que aos 12 meses estavam disponíveis 19 machos e 25 variáveis. A escolha das variáveis retiradas adotou, como critério, a correlação que apresentavam com outras medidas, a existência de outras medidas na mesma região anatômica e a importância da medida na avaliação morfológica dos equinos.

Foram necessários seis componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variação total existente nas potras (Tabela 5).

Os dois primeiros componentes conseguiram explicar cerca de 60% da variação total dos dados, sendo as medidas assim ordenadas: distância do codilho ao solo no CP1, largura da cabeça no CP2, perímetro do antebraço no CP3, distância da soldra ao jarrete no CP4, distância do codilho ao joelho no CP5 e altura do costado no CP6. As medidas do comprimento do dorso-lombo, distância do jarrete ao boleto, comprimento do pescoço, comprimento da garupa, largura da anca, comprimento da escápula, comprimento da cabeça, comprimento do corpo, largura do peito, perímetro torácico, altura na cernelha, perímetro da canela e altura na garupa, do CP7 ao CP19, respectivamente, foram descartadas.

O autovetor do primeiro componente principal das medidas lineares das potras com 12 meses de idade teve coeficiente de ponderação negativo apenas para perímetro do antebraço, logo, pode ser considerado como um componente de variação do tamanho.

Na avaliação das medidas lineares dos potros aos 12 meses de idade, foram necessários cinco componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variação total existente, possibilitando reduzir o número de variáveis de 19 para 5 (Tabela 6).

Os dois primeiros componentes conseguiram explicar 62,8% da variação total existente. As medidas foram assim ordenadas: altura na garupa no CP1, largura da anca no CP2, distância do jarrete ao boleto no CP3, comprimento da cabeça no CP4 e perímetro do antebraço no CP5. As medidas do comprimento da garupa, distância da soldra ao jarrete, comprimento do pescoço, perímetro da canela, comprimento do dorso-lombo, comprimento da escápula, comprimento do corpo, distância do codilho ao solo, largura da cabeça, distância do codilho ao joelho, altura do costado, perímetro torácico, largura do peito e altura na cernelha, do CP6 ao CP19, respectivamente, foram descartadas.

O autovetor do primeiro componente principal, nos potros com 12 meses de idade, teve todos os coeficientes de ponderação positivos, logo, é um componente de variação do tamanho, ou seja, vai aumentar ou diminuir conforme a variação das medidas lineares por ele explicadas.

A distância do codilho ao solo, a largura da cabeça, a distância da soldra ao jarrete, a distância do codilho ao joelho e a altura do costado foram importantes apenas para potras, enquanto a altura na garupa, a largura da anca, a distância do jarrete ao boleto e o comprimento da cabeça foram importantes somente para potros. A medida considerada importante para ambos os sexos aos 12 meses de idade foi o perímetro do antebraço.

Tabela 5 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares de potras com 12 meses de idade

Table 5 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in fillies with 12 months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	9,2037	48,44	9,2037	48,44
CP2	2,2121	11,64	11,4158	60,08
CP3	1,5211	8,01	12,9369	68,09
CP4	1,2866	6,77	14,2235	74,86
CP5	0,8700	4,58	15,0936	79,44
CP6	0,8326	4,38	15,9262	83,82

Tabela 6 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas lineares, em potros com 12 meses de idade

Table 6 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of linear measures in colts with 12 months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	9,9128	52,17	9,9128	52,17
CP2	2,0332	10,70	11,9460	62,87
CP3	1,6307	8,58	13,5768	71,46
CP4	1,4142	7,44	14,9910	78,90
CP5	0,8214	4,32	15,8124	83,22

Não foi possível analisar em um plano bidimensional as medidas lineares de potros e potras da raça Mangalarga Marchador nas diferentes idades estudadas, devido ao fato dos dois primeiros componentes principais não serem capazes de explicar 80% da variação total. Entretanto, os resultados encontrados estão de acordo com os observados por Kashiwamura et al. (2001), que utilizaram cinco componentes principais para explicar 83% da variação total de 12 medidas lineares em equinos adultos da raça Banei Draft.

Os resultados do presente trabalho são similares aos observados por Garcia et al. (1987), que, avaliando 24 medidas lineares em equinos da raça Árabe, utilizaram cinco componentes principais para explicar apenas 53% da variação total. Ahunu & Canaco (1999), por sua vez, explicaram com três componentes principais 83% da variação total, em jumentos com menos de 12 meses de idade.

Barbosa (1993), avaliando animais adultos da raça Mangalarga Marchador observou que foram necessários sete componentes principais para explicar 80% da variação total, o que está bem próximo dos

resultados deste trabalho, ao passo que Van Bergen & Van Arendonk (1993), avaliando animais da raça Shetland Pôneis, observaram quatro componentes principais para explicar 75% da variação total. Miserani et al. (2002), durante a avaliação de equinos adultos da raça Pantaneiro, conseguiram explicar 46% da variação total de 15 medidas lineares, com os dois primeiros componentes principais.

Foram necessários seis e sete componentes principais para explicar 80% da variação total das medidas angulares de potras e potros recém-nascidos, respectivamente, o que pode ser observado nas Tabelas 7 e 8. Os dois primeiros componentes principais explicaram 39,36% e 34,67% da variância total existente em potras e potros recém-nascidos, respectivamente. Nas potras as medidas foram assim ordenadas: ângulo falange-solo-posterior no CP1, escápulo-umeral no CP2, escápulo-solo no CP3, metacarpo-falangeano no CP4, coxofemoral no CP5, tíbio metatarsiano no CP6.

As medidas dos ângulos coxal-solo, metatarso-falangeano, fêmur-tibial, úmero-radial e falange-solo-

Tabela 7 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares de potras recém-nascidas

Table 7 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in newly born fillies

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	2,6877	24,43	2,6877	24,43
CP2	1,6418	14,93	4,3294	39,36
CP3	1,5050	13,68	5,8344	53,04
CP4	1,2946	11,77	7,1290	64,81
CP5	1,0642	9,67	8,1932	74,48
CP6	0,8576	7,80	9,0508	82,28

Tabela 8 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares de potros recém-nascidos

Table 8 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in newly born colts

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	1,9926	18,11	1,9926	18,11
CP2	1,8216	16,56	3,8142	34,67
CP3	1,4892	13,54	5,3034	48,21
CP4	1,2791	11,63	6,5825	59,84
CP5	1,0392	9,45	7,6217	69,29
CP6	0,8457	7,69	8,4673	76,98
CP7	0,7402	6,73	9,2075	83,70

anterior, do CP7 ao CP11, respectivamente, foram excluídas pois apresentaram os maiores coeficientes de ponderação nos últimos componentes principais, ou seja, os componentes que explicaram menores percentuais da variação disponível.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares nas potras recém-nascidas, verificou-se que este componente teve coeficiente de ponderação negativo para diversas variáveis, portanto, é mais um componente de variação da forma.

Nos potros recém-nascidos, as medidas foram ordenadas de acordo com sua importância, da seguinte forma: ângulo falange-solo-posterior no CP1, fêmur-tibial no CP2, escápulo-umeral no CP3, escápulo-solo no CP4, úmero-radial no CP5, metacarpo-falangeano no CP6 e metatarso-falangeano no CP7. As medidas dos ângulos coxofemoral, coxal-solo, túbio-metatarsiano e falange-solo-anterior, do CP8 ao CP11, respectivamente, foram excluídas.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares de potros recém-nascidos, verificou-se que este componente, assim

como nas potras, tem várias medidas com coeficiente de ponderação negativo, portanto, também se trata de um componente de variação da forma.

Os ângulos coxofemoral e túbio-metatarsiano foram considerados importantes para potras ao nascimento, mas não para potros da mesma faixa etária, enquanto os ângulos fêmur-tibial, úmero-radial e metatarso-falangeano foram importantes apenas para os potros. Os ângulos falange-solo-posterior, escápulo-umeral, escápulo-solo e metacarpo-falangeano foram importantes para ambos os sexos nesta idade.

Foram necessários pelo menos seis componentes principais para explicar um percentual mínimo de 80% da variância total existente em ambos os sexos aos seis meses de idade, como pode ser observado nas Tabelas 9 e 10.

Os dois primeiros componentes explicaram 42,9% e 39,2% para potras e potros, respectivamente. Estes percentuais foram superiores aos observados nos animais recém-nascidos, mas ainda abaixo do mínimo de 80%, ou seja, novamente a distribuição da variância de forma muito homogênea entre os componentes



impossibilitou a interpretação dos dados em um plano bidimensional.

As medidas nas potras com seis meses de idade foram assim ordenadas: ângulo fêmur-tibial no CP1, metacarpo-falangeano no CP2, escápulo-solo no CP3, tíbio metatarsiano no CP4, úmero-radial no CP5 e falange-solo-posterior no CP6. As medidas dos ângulos metatarso-falangeano, falange-solo-anterior, escápulo-umeral, coxofemoral e coxal-solo, do CP7 ao CP11, respectivamente, podem ser excluídas, pois apresentaram os maiores coeficientes de ponderação nos últimos componentes principais, ou seja, nos componentes que explicaram menores percentuais da variância total.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares das potras com seis meses de idade, constatou-se que este componente tem várias medidas com coeficiente de ponderação negativo, portanto, trata-se de um componente de variação da forma.

Nos potros com seis meses de idade, as medidas foram assim ordenadas: ângulo coxal-solo no CP1, fêmur-tibial no CP2, metatarso-falangeano no CP3, metacarpo-falangeano no CP4, tíbio-metatarsiano no CP5 e falange-solo-posterior no CP6. As medidas dos ângulos escápulo-solo, falange-solo-anterior, úmero-radial, escápulo-umeral e coxofemoral, do CP7 ao CP11, respectivamente, podem ser excluídas.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares nos potros com seis meses de idade, observou-se que este componente principal, semelhantemente ao observado nas potras desta faixa etária, tem várias medidas com coeficiente de ponderação negativo, logo, é mais um componente de variação da forma.

Os ângulos escápulo-solo e úmero-radial foram classificados como importantes para as potras, ao passo que as angulações coxal-solo e metatarso-falangeano foram importantes apenas nos potros. Os ângulos fêmur-tibial, metacarpo-falangeano,

Tabela 9 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares de potras com seis meses de idade

Table 9 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in fillies with six months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	2,6007	23,64	2,6007	23,64
CP2	2,1229	19,30	4,7236	42,94
CP3	1,4516	13,20	6,1752	56,14
CP4	1,2027	10,93	7,3779	67,07
CP5	0,9376	8,52	8,3155	75,60
CP6	0,7973	7,25	9,1128	82,84

Tabela 10 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares de potros com seis meses de idade

Table 10 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in colts with six months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	2,2760	20,69	2,2760	20,69
CP2	2,0360	18,51	4,3119	39,20
CP3	1,6507	15,01	5,9626	54,21
CP4	1,4247	12,95	7,3873	67,16
CP5	0,8212	7,47	8,2085	74,62
CP6	0,7570	6,88	8,9655	81,50

falangeano-solo-posterior e tÍbio-metatarsiano foram classificados como importantes, para ambos os sexos, aos seis meses de idade.

Nas potras e potros com 12 meses de idade foram necessários pelo menos seis e cinco componentes principais, respectivamente, para explicar um percentual mínimo de 80% da variância total existente, como pode ser observado nas Tabelas 11 e 12.

Com os dois primeiros componentes principais foi possível explicar 44,2% e 52,6% da variação total em potras e potros, respectivamente. Esse percentual apesar de ser um pouco maior do que o observado para animais jovens ainda está abaixo 80%.

As medidas nas potras com 12 meses foram assim ordenadas: ângulo falange-solo-anterior no CP1, úmero-radial no CP2, escápulo-solo no CP3, coxal-solo no CP4, metacarpo-falangeano no CP5 e fêmur-tibial no CP6. As medidas dos ângulos tÍbio metatarsiano, coxofemoral, metatarso-falangeano, escápulo-umeral e falange-solo-posterior, do CP7 ao CP11, respectivamente, podem ser descartados.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares de potras com 12 meses de idade, constatou-se que este componente tem várias medidas com coeficiente de ponderação negativo, portanto é mais um componente de variação da forma.

Nos potros com 12 meses de idade, as medidas foram assim ordenadas: ângulo metatarso-falangeano no CP1, falange-solo-anterior no CP2, escápulo-solo no CP3, coxal-solo no CP4 e tÍbio-metatarsiano no CP5. As medidas dos ângulos coxofemoral, fêmur-tibial, úmero-radial, escápulo-umeral, falange-solo-posterior e metacarpo-falangeano, do CP6 ao CP11, respectivamente, podem ser descartados.

Analisando o autovetor do primeiro componente principal das medidas angulares de potros com 12 meses de idade, foram observadas várias medidas com coeficiente de ponderação negativo, logo este componente foi mais um componente de variação da forma.

Os ângulos úmero-radial, metacarpo-falangeano e fêmur-tibial foram classificados como importantes

Tabela 11 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares, em potras com 12 meses de idade

Table 11 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in fillies with 12 months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total Variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	2,8351	25,77	2,8351	25,77
CP2	2,0237	18,40	4,8588	44,17
CP3	1,5222	13,84	6,3810	58,01
CP4	1,3727	12,48	7,7537	70,49
CP5	0,8383	7,62	8,5920	78,11
CP6	0,6971	6,34	9,2891	84,45

Tabela 12 - Autovalores e percentuais de variância explicados pelos componentes principais (CP) das medidas angulares, em potros com 12 meses de idade

Table 12 - Eigenvalues and percentage of variance explained by the principal components of angular measures in colts with 12 months age

Componente principal <i>Principal component</i>	Autovalor <i>Eigenvalue</i>	% total variância <i>% total variance</i>	Autovalor acumulado <i>Cumulative eigenvalue</i>	% Variância acumulado <i>Cumulative % variance</i>
CP1	3,7190	33,81	3,7190	33,81
CP2	2,0646	18,77	5,7836	52,58
CP3	1,6527	15,02	7,4364	67,60
CP4	1,0182	9,26	8,4546	76,86
CP5	0,8660	7,87	9,3205	84,73

apenas para potras, enquanto as medidas dos ângulos metatarso-falangeano e tíbio-metatarsiano foram importantes para os potros. Os ângulos escapulo-solo, coxal-solo e falange-solo-anterior foram importantes para ambos os sexos.

Os resultados obtidos para as medidas angulares não foram confrontados com outros dados, pois há carência de bibliografia técnico-científica sobre o tema. Entretanto, de modo geral, observa-se que o número de componentes principais necessários para explicar 80% da variação total das medidas lineares foi consideravelmente alto em relação ao número de medidas efetuadas, apenas 11 angulares vs. 25 mensurações lineares. Provavelmente isto decorre das menores correlações entre medidas angulares ou da maior variação nos valores destas medidas.

### Conclusões

A análise de componentes principais foi eficiente em reduzir o número de medidas lineares e angulares necessárias para a avaliação morfométrica de potros e potras da raça Mangalarga Marchador, nas diferentes idades estudadas. A redução proporcional no número de medidas foi maior entre as medidas lineares do que entre as medidas angulares, entretanto, os dois primeiros componentes principais, nas diferentes idades estudadas, não conseguiram explicar 80% da variação total disponível, o que impossibilitou a interpretação dos componentes em um plano bidimensional.

### Agradecimento

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior e à Associação Brasileira de Criadores do Cavallo Mangalarga Marchador, pelo apoio financeiro.

### Literatura Citada

- AHUNU, B.K.; CANACOO, E.A. Changes in size shape of ghanian donkeys. **Indian Journal of Animal Science**, v.69, n.8, p.609-613, 1999.
- BARBOSA, C.G. **Estudo morfométrico na raça Mangalarga Marchador. Uma abordagem multivariada**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- BRITO, A. A. **Avaliação e mensuração. Curso de capacitação de técnicos e árbitros da raça Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: ABCCMM. 1990, 132p.
- CABRAL, G.C. **Avaliação morfométrica e estudo das curvas de crescimento de eqüinos da raça Mangalarga Marchador**. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002. 109p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002.
- CAMARGO, M.X.; CHIEFFI, A. **Ezoognósia**. São Paulo: CPA/ Instituto de Zootecnia, 1971. 320p.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed.rev. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 390p.
- GARCÍA, F.F.; GARCÍA, M.H.; MACARRO, J.B.A. et al. Morfoestructura del caballo Árabe en España. **Archivos de Zootecnia**, v.36, n.136, p.269-277, 1987.
- KASHIWAMURA, F.; AVGAANDORJ, A.; FURUMURA, K.; Relationships among body size conformation, and racing performance in Banei Draft racehorses. **Journal of Equine Science**, v.12, n.1, p.1-7, 2001.
- MISERANI, M.G.; McMANUS, C.; SANTOS, S.A. et al. Avaliação dos fatores que influem nas medidas lineares do cavalo Pantaneiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.335-341, 2002.
- MORRISON D.F. **Multivariate statistical methods**. 2.ed. New York: McGraw-Hill Company, 1976. 415p.
- STATISTICA – **STATISTICA for Windows 5.0**. Tulsa: Statsoft Inc. 1995.
- THOMPSON, K.N. Skeletal growth rates of weanling and yearling Thoroughbred horses. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2513-2517, 1995.
- TORRES, A.P.; JARDIM, W.R. **Criação do cavalo e de outros eqüinos**. São Paulo, Livraria Nobel, 1992. 654p.
- Van BERGEN, H.M.J.M.; Van ARENDONK, J.A.M. Genetic parameters for linear type traits in Shetland ponies. **Livestock Production Science**, v.36, p.273-284, 1993.

Recebido em: 22/09/03

Aceito em: 05/10/04