

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Fernanda Nascimento de Godoi

**Avaliação cinemática de variáveis relacionadas
ao resultado dos saltos de potros**

Belo Horizonte

2012

Fernanda Nascimento de Godoi

**Avaliação cinemática de variáveis relacionadas
ao resultado dos saltos de potros**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. José Aurélio Garcia Bergmann

Co-Orientadores: Prof. Fernando Queiroz de Almeida e Prof. Hans-Joachim Karl Menzel

Belo Horizonte
2012

G588a Godoi, Fernanda Nascimento de, 1980-
Avaliação cinemática de variáveis relacionadas ao resultado dos saltos de potros /
Fernanda Nascimento de Godoi. – 2012.
149 p. : il.

Orientador: José Aurélio Garcia Bergmann
Co-orientadores: Fernando Queiroz de Almeida, Hans-Joachim Karl Menzel
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Equino – Teses. 2. Equitação – Teses. 3. Análise multivariada – Teses.
4. Biomecânica – Teses. I. Bergmann, José Aurélio Garcia. II. Almeida, Fernando
Queiroz de. III. Menzel, Hans-Joachim Karl. IV. Universidade Federal de Minas Gerais.
Escola de Veterinária. V. Título.

Tese defendida e aprovada em 10/02/2012 pela Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. José Aurélio Garcia Bergmann

Prof. Giovanni Ribeiro de Carvalho

Profa. Fabiana Garcia Christovão

Prof. Fábio Luiz Buranelo Toral

Prof. Guilherme de Camargo Ferraz

Prof. André Gustavo Pereira de Andrade

*“Há algo sobre o exterior de um cavalo que
faz bem ao interior de um homem”*

Winston Churehill

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, pela oportunidade da vida e de evolução espiritual e intelectual.

À minha mãe e ao meu pai, dedico todas as minhas conquistas, pois fizeram de suas vidas uma grande luta para me proporcionar educação.

À minha irmã, que ao longo da minha vida sempre me apoiou e me proporcionou oportunidades de crescimento pessoal.

E, dedico principalmente aos equinos, que são a grande razão dos meus estudos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado esta oportunidade na vida, por nunca ter me deixado fraquejar, mesmo nos momentos de maior angústia, e enfim, agora, concretizá-la.

Aos meus pais, Eva Maria Nascimento de Godoi e Paulo Lopes de Godoi, primeiramente pela vida, pelo incentivo, compreensão da ausência, fé transmitida e, principalmente por acreditar que eu sou capaz. E, à minha irmã, Evanilda Nascimento de Godoi, pelo incentivo e apoio.

Ao professor, José Aurélio Garcia Bergmann pelos ensinamentos, compreensão e a orientação neste trabalho, meu sincero respeito, reconhecimento e gratidão.

Ao meu eterno orientador, Fernando Queiroz de Almeida, por me apoiar em todos os momentos desse trabalho e, principalmente, por acreditar que sou capaz, minha sincera gratidão e reconhecimento.

Ao professor, Dr. Hans-Joachim Karl Menzel, pela orientação, pelos ensinamentos e apoio fundamental nesse trabalho.

Ao Professor Dr. Fábio Toral pelo apoio indispensável nas análises estatísticas e finalização da tese, tornando-se um orientador por vocação.

Essa citação de Isaac Newton realmente representa o significado dos meus orientadores na minha vida: *“Se enxerguei mais longe, foi porque me apoiei sobre os ombros de gigantes”*.

À Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, pelo acolhimento e oportunidade de concluir o curso de Doutorado em Zootecnia, e aos Professores do Curso de Pós-graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos.

À Coudelaria de Rincão, na pessoa do Cel José Evandro Gervásio de Oliveira, pela oportunidade da execução dessa pesquisa.

Aos meus queridos “filhotinhos” de pesquisa: Dalinne Chrystian Santos, Fernando Oliveira Vasconcelos, Ana Luisa Soares Miranda e Anna Christina Machado Siqueira: pela oportunidade de conhecer e trabalhar com vocês! Aos “filhotinhos” emprestados da UFRRJ: Agnaldo Andrade e Marco Pereira pelo apoio e ajuda na execução do experimento.

Aos amigos Cap Schlup, Ten Carlos Eduardo, Cap Claisen, Ten Kaipper, Cap Rodrigues, Cap Serafini e Ten Paulino pelo apoio na condução e realização do experimento. Por, muitas vezes, me socorrerem em momentos de dificuldades técnicas e práticas.

Em especial aos irmãos que eu pude escolher nessa vida e que me acompanham e torcem por mim: Liziana Maria Rodrigues e Vinícius Pimentel Silva: obrigada!!!

À querida Ana Luisa Soares de Miranda, por sempre me socorrer e me apoiar. O convívio com você foi muito especial para mim. Não tenho palavras para agradecer por tudo!

E, também à todos que, de algum modo, me ajudaram na realização deste trabalho.

À todos os meus familiares, por acreditarem em mim.

Ao CNPq, CAPES, e FAPEMIG pelos auxílios e bolsas concedidas.

E mais uma vez, à Deus, por colocar cada uma dessas pessoas no meu caminho e tornar tudo isso possível.

"Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim!"

Francisco Cândido Xavier

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	15
2. REFERÊNCIAS.....	18
 CAPÍTULO 1 - PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DE EQUINOS EM ESTAÇÃO E NO SALTO UTILIZANDO A TÉCNICA DA CINEMÁTICA.....	 20
Resumo	20
Abstract	21
1. Introdução	22
2. Metodologia.....	24
3. Resultados e Discussão.....	47
4. Considerações Finais.....	57
5. Referências.....	58
 CAPÍTULO 2 – REPETIBILIDADE DE VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO DESEMPENHO DE POTROS DURANTE O SALTO.....	 60
Resumo	60
Abstract	61
1. Introdução	62
2. Metodologia	64
3. Resultados e Discussão	66
4. Conclusões	73
5. Referências.....	74
 CAPÍTULO 3 – ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE POTROS EM ESTAÇÃO E DAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS NO SALTO EM LIBERDADE.....	 76
Resumo	76
Abstract.....	77
1. Introdução	78
2. Metodologia	80
3. Resultados e Discussão	82
4. Conclusões	117
5. Referências.....	118
 CAPÍTULO 4 – PREDIÇÃO DO SUCESSO DO SALTO EM LIBERDADE DE POTROS.....	 121
Resumo	121
Abstract.....	122
1. Introdução	123
2. Metodologia	124
3. Resultados e Discussão.....	127
4. Conclusões	146
5. Referências	147
 3. CONCLUSÕES GERAIS	 149

ÍNDICE DE TABELAS

CAPITULO 1

Tabela 1.	Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros em estação.....	49
Tabela 2.	Mensurações utilizadas para estimativas dos índices morfométricos dos potros.....	50
Tabela 3.	Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros durante no salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	52
Tabela 4.	Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação.....	53
Tabela 5.	Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	54

CAPITULO 2

Tabela 1.	Valores das estimativas de repetibilidade (r) nos três momentos de avaliação e em todos os momentos simultaneamente.....	67
Tabela 2.	Valores das estimativas de repetibilidade (r) comparando dois momentos de avaliação entre si.....	71

CAPITULO 3

Tabela 1.	Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características lineares dos potros em estação.....	82
Tabela 2.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no primeiro momento de avaliação.....	83
Tabela 3.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no segundo momento de avaliação.....	83
Tabela 4.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no terceiro momento de avaliação.....	84
Tabela 5.	Coeficientes de correlação entre as características lineares no primeiro momento de avaliação.....	85
Tabela 6.	Coeficientes de correlação entre as variáveis lineares no segundo momento de avaliação.....	86
Tabela 7.	Coeficientes de correlação entre as características lineares no terceiro momento de avaliação.....	87
Tabela 8.	Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características angulares dos potros em estação	89

ÍNDICE DE TABELAS cont.

Tabela 9.	Coeficientes de ponderação das variáveis com os componentes principais das 12 variáveis lineares dos potros em estação no primeiro momento de avaliação.....	89
Tabela 10.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 12 características lineares dos potros em estação no segundo momento de avaliação.....	90
Tabela 11.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 12 características lineares dos potros em estação no terceiro momento de avaliação.....	90
Tabela 12.	Coeficientes de correlação entre as características lineares no primeiro momento de avaliação.....	91
Tabela 13.	Coeficientes de correlação entre as características lineares no segundo momento de avaliação.....	92
Tabela 14.	Coeficientes de correlação de Pearson entre as características lineares no terceiro momento de avaliação.....	93
Tabela 15.	Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo.....	96
Tabela 16.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	96
Tabela 17.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação.....	97
Tabela 18.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	98
Tabela 19.	Coeficientes de correlação entre as características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	99
Tabela 20.	Coeficientes de correlação entre as características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação.....	100
Tabela 21.	Coeficientes de correlação de Pearson entre as características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	101
Tabela 22.	Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características de inerentes dos potros durante o salto de obstáculo.....	103

ÍNDICE DE TABELAS cont.

Tabela 23.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	104
Tabela 24.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação.....	106
Tabela 25.	Coeficientes de ponderação das variáveis com os componentes principais para explicar a variação total das 14 variáveis inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	107
Tabela 26.	Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	109
Tabela 27.	Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação.....	110
Tabela 28.	Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	111
Tabela 29.	Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características dos potros durante o salto de obstáculo na análise geral.....	112
Tabela 30.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo na avaliação geral.....	113
Tabela 31.	Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo na avaliação geral.....	114
Tabela 32.	Coeficientes de correlação entre as características de desempenho aos potros durante o salto de obstáculo na análise geral.....	115
Tabela 33.	Coeficientes de correlação entre as características de inerente aos potros durante o salto de obstáculo na análise geral.....	116

CAPITULO 4

Tabela 1.	Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros em estação.....	128
Tabela 2.	Valores médios (Méd), mínimos (Mín) e máximos (Máx) e coeficiente de variação (CV) das características de desempenho e inerente aos potros durante o salto de obstáculo nos três momentos de avaliação e na avaliação geral, em que foram consideradas todas as observações.....	130

ÍNDICE DE TABELAS cont.

Tabela 3.	Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 22 a 25 meses de idade.....	132
Tabela 4.	Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 29 a 32 meses de idade.....	135
Tabela 5.	Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 36 a 39 meses de idade.....	135
Tabela 6.	Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com as características de desempenho e inerentes aos potros, separadamente.....	137
Tabela 7.	Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com todas as características utilizadas em conjunto, separado por momentos de avaliação e análise geral conjunto com todas as características durante o salto de obstáculo.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1.	Posicionamento dos marcadores reflexivos.....	25
Figura 2.	Estrutura montada para a captura das imagens durante o salto de obstáculo.....	26
Figura 3.	Esquema do ambiente de filmagem.....	27
Figura 4.	Medidas lineares realizadas nos potros em estação.....	28
Figura 5.	Medidas angulares realizadas nos potros em estação.....	30
Figura 6.	Amplitude da passada anterior ao salto.....	32
Figura 7.	Amplitude da passada sobre o obstáculo.....	32
Figura 8.	Distância da batida.....	33
Figura 9.	Distância da recepção.....	33
Figura 10.	Altura da pinça torácica sobre o obstáculo.....	34
Figura 11.	Altura do boleto torácico sobre o obstáculo.....	34
Figura 12.	Altura dos membros pélvicos sobre o obstáculo.....	35
Figura 13.	Altura máxima da cernelha no salto.....	35
Figura 14.	Deslocamento horizontal da cernelha no salto.....	36
Figura 15.	Ângulo da cabeça.....	37
Figura 16.	Ângulo do pescoço.....	37
Figura 17.	Ângulo escápulo-umeral A.....	38
Figura 18.	Ângulo escápulo-umeral B.....	38
Figura 19.	Ângulo úmero-radial.....	39
Figura 20.	Ângulo rádio-carpo-metacarpiano.....	39
Figura 21.	Distância vertical escápula-boleto.....	40
Figura 22.	Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico.....	40
Figura 23.	Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico.....	41
Figura 24.	Distância vertical soldra-boleto.....	41
Figura 25.	Ângulo coxo-femoral.....	42
Figura 26.	Ângulo femoro-tibial.....	42
Figura 27.	Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	43
Figura 28.	Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico.....	43
Figura 29.	Aparato de filmagem: câmera <i>Basler A602fc</i> [®] e o aplicativo <i>Simi Reality Motion Systems</i> [®]	44
Figura 30.	Aparelho de calibração.....	45
Figura 31.	Interface do aplicativo <i>Simi Reality Motion Systems</i> [®] no modo <i>2D Still Mode</i>	45
Figura 32.	Interface do aplicativo <i>Simi Reality Motion Systems</i> [®] no modo <i>2D Tracking</i>	46
Figura 33.	Gráfico do deslocamento do marcador na cartilagem da cernelha fornecido pelo aplicativo <i>Simi Reality Motion Systems</i> [®] no modo <i>2D Tracking</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS cont.

CAPÍTULO 2

Figura 1.	Ganho em precisão com medições múltiplas com os valores de repetibilidade das características dos potros durante o salto de obstáculo (vide Tabela 1). O eixo Y representa a variância da média de n medidas como uma porcentagem da variância de uma medida. O eixo X representa o número de saltos.....	70
-----------	---	----

CAPÍTULO 4

Figura 1.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo rádio-carpo-metacarpiano dos potros em estação no primeiro momento de avaliação.....	139
Figura 2.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância da batida no primeiro momento de avaliação.....	139
Figura 3.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no primeiro momento de avaliação.....	140
Figura 4.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo do pescoço dos potros durante o salto em liberdade no primeiro momento de avaliação.....	140
Figura 5.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo do cernelha-garupa-boleto-pélvico dos potros durante o salto em liberdade no segundo momento de avaliação.....	141
Figura 6.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no segundo momento de avaliação.....	142
Figura 7.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância da batida no terceiro momento de avaliação.....	142
Figura 8.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no terceiro momento de avaliação.....	143
Figura 9.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância vertical soldra-boleto durante o salto em liberdade no terceiro momento de avaliação.....	143
Figura 10.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância da batida na análise geral.....	144
Figura 11.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo na análise geral.....	145
Figura 12.	Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica velocidade do lance sobre o obstáculo na análise geral.....	145

RESUMO

Objetivou-se estimar a repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros no salto de obstáculo e prever a probabilidade do sucesso no salto utilizando características lineares e angulares dos potros em estação e no salto. Foram avaliados 109 potros do Exército Brasileiro com pontos anatômicos realçados com marcadores reflexivos. Os potros foram filmados em estação e durante cinco tentativas de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura, aos 22-25, 23-32 e 36-39 meses de idade, respectivamente. As imagens foram obtidas com câmera na frequência de aquisição de 100 Hz e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®]. Os valores das estimativas de repetibilidade dos potros no salto em liberdade foram menores no primeiro momento de avaliação, quando os potros eram mais jovens e a altura do obstáculo era menor, e mais elevadas na última avaliação, aos 36-39 meses, quando os potros já haviam realizado o protocolo experimental e a altura do obstáculo era maior. As variáveis utilizadas nos modelos de regressão logística foram selecionadas em análise prévia de componentes principais e utilizadas como variáveis independentes. Na avaliação das características lineares dos potros em estação, aos 22-25 meses de idade, apenas a idade do potro foi fonte significativa de variância, enquanto nas características angulares, o ângulo do pescoço e a idade dos potros no momento de avaliação foram significativos no modelo de predição. As características significativas no modelo para o potro no salto foram: amplitude da passada anterior ao obstáculo, distância da batida, altura da pinça torácica sobre o obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo, distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico, ângulo da cabeça, ângulo do pescoço, ângulo femoro-tibial, ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico e distância vertical soldra-boleto. Os resultados indicam que para o sucesso no salto é necessário a redução da amplitude da passada anterior ao obstáculo e o aumento da distância da batida com visa à maior altura da pinça torácica sobre o obstáculo. Além disso, o potro deve ultrapassar o obstáculo com menor velocidade, apresentar os membros torácicos mais flexionados e também apresentar nos membros pélvicos maior ângulo femoro-tibial. Os ângulos da cabeça e do pescoço dos potros foram importantes para o sucesso no salto, sendo desejáveis menores valores para maior eficiência no salto.

Palavras-chave: análise multivariada, biomecânica, equinos, hipismo, morfologia

ABSTRACT

This study was carried out to estimate the repeatability of variables associated with the performance of yearling at jumping and predict the likelihood of success on the jump using linear and angular characteristics of the yearlings at station and jumping. Yearlings (n=109) of the Brazilian Army were evaluated with anatomical landmarks highlighted with reflective markers. The yearlings were filmed in station and during five jumps of vertical fence with 0.60, 0.80 and 1.05 meters higher, at the 22-25, 23-32 and 36-39 months of age, respectively. The images were obtained with camera acquisition frequency of 100 Hz and analyzed with Simi Reality Motion Systems®. The estimated values of repeatability on jumping were smaller at first assessment, when the animals were younger and height of the fence was smaller, and higher in the last evaluation, at 36-39 months of age, when the yearlings have had performed the experimental protocol and fence height was increased. The results used in a logistic model were selected by a previous analysis of principal components and used as independent variables. The linear characteristics of yearlings at station with 22-25 months of age, only the age of the yearling was significant source of variance, while the angular characteristics, the angle of the neck and age of the animals at the time of evaluation were significant in the model prediction. The significant variables in the model of the yearling jumping were: length of stride prior to the fence, take-off distance, height of forelimb point of hoof over the fence and velocity of stride over the fence, velocity of stride over the fence, humerus-radial vertical distance of forelimb fetlock, head angle, neck angle, femoro-tibial angle, withers-croup-hind limb fetlock angle and stifle-fetlock vertical distance. The results indicate that for a successful jump is necessary reduce the length of stride prior to the fence and increasing take-off distance and providing a higher height of forelimb point of hoof. Moreover, the yearling must overcome the fence at a slower speed, make more flexed forelimbs and hind limbs also present a greater femoro-tibial angle. The angles of the head and neck of the yearlings were important to the success of the jump, lower values being desired for greater efficiency of the jump.

Keywords: biomechanics, horses, morphology, multivariate analysis

1.INTRODUÇÃO

A primeira grande revolução na análise do movimento equino ocorreu com Eadweard Muybridge, em 1887. Esse fotógrafo, nascido em *Kingston upon Thames*, na Inglaterra, foi convidado pelo então Governador da Califórnia, Leland Stanford, a fotografar o galope de um cavalo. Muybridge elaborou um esquema com 24 câmeras interligadas por fios, onde que o próprio animal acionava cada câmera, sucessivamente, ao passar. Esse foi, concomitantemente, o início da história do cinema de animação e das análises dos movimentos de equinos. Após a Segunda Guerra Mundial houve um declínio das pesquisas sobre locomoção de equinos e, deve-se a Fredricson, em 1970, o recomeço das pesquisas a respeito da locomoção nesta espécie (van WEEREN, 2001).

A modalidade de Salto ou Concurso de Hípico é provavelmente a competição mais conhecida dentre as disciplinas equestres reconhecidas pela FEI (*Fédération Equestre Internationale*), na qual homens e mulheres competem juntos nos eventos individuais ou por equipe. Essa modalidade teve origem na Inglaterra, onde as corridas de cavalos eram em campos livres com obstáculos naturais (valas, riachos, fossos, troncos de árvores) e, também, havia a caça à raposa. A partir da segunda metade do século XIX foi criado um concurso que lembrasse essas caçadas, mas que pudesse ser realizado em ambientes menores. Foram, então, criados obstáculos que reproduzissem aqueles naturalmente encontrados. Nas modernas competições de salto, o conjunto cavalo-cavaleiro necessita completar um percurso de 10 a 13 obstáculos na sequência projetada, com o mínimo de penalidades, das quais pode-se citar quando equino derruba o obstáculo ou se recusa a saltar. O vencedor da competição será o conjunto que cometer menos penalizações e concluído o percurso no menor tempo ou ganhar o maior número de pontos, dependendo do tipo de competição (FEI, 2012).

O salto, propriamente dito, consiste na transposição do obstáculo pelo equino ou do conjunto cavalo-cavaleiro. Existem dois tipos de obstáculos, os fixos e os móveis. Os fixos são aqueles que quando tocados pelos membros do equino permanecem no mesmo local, utilizados nas provas de *cross-country* do Concurso Completo de Equitação (CCE). Os obstáculos móveis são aqueles que podem cair quando tocados, normalmente pelos membros dos equinos. Os modelos de obstáculos variam de acordo com o nível de dificuldade e objetivo da prova. Os mais utilizados são: o vertical, que é um obstáculo único onde todos os elementos que o compõem estão posicionados no mesmo plano vertical, com o único objetivo da transposição da altura pelo equino. O oxer e a paralela, diferentemente da vertical, são constituídos por dois elementos, com uma largura definida, para serem transpostos pelos equinos em um único salto, ou seja, exige um esforço tanto em largura quanto em altura. O oxer possui os elementos dispostos em ordem crescente enquanto que a paralela possui os elementos dispostos na mesma altura. A tríplice é constituída por três elementos, com largura definida, dispostos em forma crescente de altura para serem transpostos em um único salto. O oxer, a paralela e a tríplice são considerados obstáculos de largura. O duplo e o triplo são dois e três obstáculos, respectivamente, dispostos um após o outro, podendo vir a ser vertical ou oxer ou paralela, com uma a duas passadas de galope entre cada um deles. É considerado um

único obstáculo. Outro modelo adotado é o rio, que é um obstáculo onde o esforço é somente de largura e preenchido com água (CBH, 2011; FEI, 2012).

O estudo da cinemática dos equinos ainda jovens durante o salto de obstáculo é uma ferramenta utilizada na avaliação atlética desses animais permitindo quantificar parâmetros para determinar o desempenho dos potros e estruturar um banco de dados para programas de melhoramento. A utilização da avaliação precoce dos equinos pode significar ganho genético e econômico. SANTAMARÍA et al. (2002) observaram alta correlação entre a biomecânica de animais jovens e adultos durante o salto de obstáculos e verificaram que esse método pode ser utilizado para selecionar equinos com aptidão para o salto, em idade jovem. DREVEMO et al. (1987) e WALLIN et al. (2003) ressaltaram a necessidade de se avaliar equinos ainda jovens, quando o preço de compra tende a ser mais razoável, e ainda destacaram que os resultados das competições de salto estão correlacionados com o desempenho dos equinos durante o seu treinamento. DUCRO et al. (2007) observaram que as características equinos jovens *Dutch Warmblood* durante o salto em liberdade apresentam correlação genética de 0,80 com as competições de salto. Sendo assim, a análise dos parâmetros de desempenho de potros durante o salto em liberdade pode ser utilizada como indicadora do desempenho desses animais quando montados.

Segundo MENZEL (2005), a biomecânica que estuda os movimentos dos equinos pode ser dividida em Biomecânica de Rendimento Físico, que analisa o resultado mecânico do movimento e é caracterizada por variáveis que representam o movimento do objetivo como, por exemplo, a velocidade da locomoção, altura do salto, a economia ou a precisão dos movimentos e também abrange a análise de distúrbios da motricidade, como as claudicações. A Biomecânica Preventiva tem por objetivo a redução do risco de lesão, abrangendo tanto à identificação dos limites mecânicos do corpo e de seus componentes (ossos, tendões, ligamentos, cartilagem, etc.) quanto à identificação das cargas mecânicas que caracterizam diferentes movimentos (corrida, salto) em diferentes ambientes e superfícies (areia, grama, asfalto). Baseado nesse conhecimento é possível elaborar estratégias para a redução da solicitação mecânica do aparelho locomotor equino pela utilização de técnica adequada, de propriedades mecânicas do meio ambiente, como a superfície, e das ferraduras.

As características morfométricas são avaliadas pela Biomecânica Morfométrica, para fins da análise de aptidão das diversas tarefas e, também, utilizada para prever o desempenho no salto dos equinos baseado na morfologia. Outro objetivo é o desenvolvimento de modelos matemáticos do corpo do equino que são imprescindíveis para a análise da cinemática, como a determinação do centro de gravidade e as características inerciais dos membros.

A morfometria é o estudo das mensurações das regiões do corpo dos animais, também conhecida como biometria sendo fundamental na execução e qualidade dos movimentos, inter-relacionando-se com a aptidão dos equinos.

BOBBERT; SANTAMARÍA (2005) consideram que a boa conformação dos equinos, exemplificada pela relação entre o comprimento do membro torácico e o ângulo úmero-radial influencia a eficiência da biomecânica na utilização de energia muscular durante a segunda fase do salto, momento em que o equino ultrapassa os membros torácicos sobre os obstáculos.

SILVA (2006) destacou a importância da avaliação morfológica em equinos de Concurso Completo de Equitação, quando observou que esses animais não são selecionados por padrão racial, mas sim, pela morfologia, sugerindo que as medidas morfométricas lineares, exceto o comprimento da cabeça, indicariam o potencial para o desempenho esportivo equestre, independente da linhagem, raça ou sexo.

O desenvolvimento dos esportes equestres está fortemente ligado ao cavalo militar, inclusive no Brasil. Os militares dominaram as competições de salto até 1952, em função da intensa utilização do cavalo em suas atividades diárias, quando essa hegemonia foi então quebrada por um civil francês, *Pierre Jonquieres d'Oriola*, que ganhou a medalha de ouro em Helsinque. Durante este período as provas de salto já eram praticadas por militares brasileiros principalmente, em São Paulo e Rio de Janeiro (VIEIRA & FREITAS, 2007).

A Coudelaria de Rincão, em São Borja, Rio Grande do Sul, é a única fonte de reposição de equinos para o Exército Brasileiro. Atualmente, o seu efetivo, um dos maiores do País, é de 484 cavalos, das raças Hannoveriano, Brasileiro de Hipismo e Puro Sangue Inglês, sendo 15 garanhões, 254 matrizes, 150 produtos e 10 equinos de serviço (LIMA et al., 2006). Os animais permanecem nessa Unidade Militar do nascimento até aos 42 meses de idade, quando são distribuídos para Unidades do Exército de todo país, como Escola de Equitação do Exército e 2º Regimento de Cavalaria e Guarda – Regimento Andrade Neves, ambos localizados no Rio de Janeiro, RJ; a Academia Militar das Agulhas Negras, em Resende, RJ; o 1º Regimento de Cavalaria e Guarda – Regimento Dragões da Independência, em Brasília, DF; e Escola de Sargentos das Armas, em Três Corações, MG. Após a distribuição, o trabalho de identificação dos animais com melhor aptidão para Adestramento, Salto e Concurso Completo de Equitação é atividade que envolve elevado custo monetário e mão de obra.

Dessa forma, são desejáveis iniciativas que possibilitem avaliar os animais ainda jovens, identificando os melhores potenciais para cada uma das modalidades equestres antes da sua distribuição para os diversos Centros. Além da redução do custo e da mão de obra, a maior atenção dispensada ao menor número de animais corretamente selecionados pode refletir no melhor desempenho em Concursos Hípicos nacionais e internacionais. Com a finalidade de aprimorar esta seleção, o estabelecimento de características para os padrões cinemáticos relacionadas com o desempenho dos equinos em Concurso Hípico possibilitará a adoção de métodos e critérios de seleção para o programa de melhoramento genético do rebanho da Coudelaria e de outros Haras.

De acordo com a literatura consultada, não existem, no Brasil, pesquisas que utilizam técnicas da cinemática para avaliação das características lineares, angulares e parâmetros de desempenho de equinos durante o salto de obstáculo para seleção, em idades jovens, para o Concurso Hípico.

Desse modo, objetivou-se estimar a repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros durante o salto de obstáculo, em três momentos distintos: aos dois, aos dois e meio, e aos três anos de idade e prever a probabilidade do sucesso no salto em liberdade de potros utilizando as características morfológicas em estação e durante o salto de obstáculos em modelos de regressão logística.

2.REFERÊNCIAS

BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. *Equine Exercise Physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Saunders Co., p.143-168, 2008.

BARREY, E. Methods, Applications and Limitations of Gait Analysis in Horses. *The Veterinary Journal*, v.157, p.7-22, 1999.

BOBBERT M. F.; SANTAMARIA S. Contribution of the forelimbs and hindlimbs of the horse to mechanical energy changes in jumping. *The Journal of Experimental Biology*, v.208, p.249-260, 2005.

CBH – CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE HIPISMO. Regulamento de Salto. Disponível em [http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011\(1\).pdf](http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011(1).pdf). Acesso em: 12/12/11.

DREVEMO, S.; FREDRICSON, I.; DALIN, G. et al. Early development of gait asymmetries in trotting Standardbred colts. *Equine Veterinary Journal*, v.19, p.189-191, 1987.

DUCRO, B.J.; KOENEN, E.P.C.; Van TARTWIJK, J.M.F.M. et al. Genetic relations of movement and free-jumping traits with dressage and show-jumping performance in competition of Dutch Warmblood horses. *Livestock Science*, v.107, p. 227-234, 2007.

FEI - *Fédération Equestre Internationale*, 2012. Disponível em <http://www.fei.org/disciplines/jumping/about-jumping>. Acesso em: 15/01/12.

LIMA, R.A.S.; SHIROTA, R.; BARROS, G.S.C. *Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalo no Brasil*. CEPEA–ESALQ/USP, Piracicaba, 2006, 250p.

MENZEL, H. J. Áreas de aplicação da Biomecânica para o cavalo atleta. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DO CAVALO ATLETA, 2. UFMG, Belo Horizonte, 2005. *Anais...:UFMG*, p.76-82 , 2005.

SANTAMARÍA, S.; BACK, W., VAN WEEREN, P.R. et al. Jumping characteristics of foals: lead changes and description of temporal and linear parameters. *Equine Veterinary Journal*, v.34, p.302-307, 2002.

SILVA, E.G.A. *Avaliação morfométrica e do desempenho de cavalos de Concurso Completo de Equitação*. 2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Van WEEREN, P.R. History of Locomotor Research. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders Co., p.01-35, 2001.

VIEIRA, S.; FREITAS, A. *O que é hipismo?* Rio de Janeiro: Casa da Palavra - COB, 2007. 104p.

WALLIN, L.; STRANDBERG, E.; PHILIPSSON, J. Genetic correlations between field test results of Swedish Warmblood Riding Horses as 4-years-olds and lifetime performance results in dressage and show jumping. *Livestock Production Science*, v.82, p.61-71, 2003.

CAPÍTULO 1. PROCEDIMENTOS PARA AVALIAÇÃO DE EQUINOS EM ESTAÇÃO E NO SALTO UTILIZANDO A TÉCNICA DA CINEMÁTICA

RESUMO

Objetivou-se descrever os procedimentos utilizados para a avaliação de equinos utilizando a técnica da cinemática, em estação e durante o salto em liberdade. Foram avaliados 109 potros da Coudelaria de Rincão, RS. Pontos anatômicos foram realçados com 19 marcadores reflexivos. Os potros foram filmados em estação e durante cinco tentativas de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura, aos 22-25, 23-32 e 36-39 meses de idade, respectivamente. As imagens foram capturadas utilizando câmera com frequência de aquisição de 100 Hz e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®]. Os potros estavam em período de crescimento, com aumento das medidas lineares de altura na cernelha e na garupa, comprimento do corpo, distância escápula-boleto e nos comprimentos do pescoço, da perna e do antebraço. Os ângulos úmero-radial, metacarpo-falangeano, femoro-tibial, tíbio-tarso-metatarsiano aumentaram com a idade, enquanto que os ângulos da cabeça, do pescoço, coxo-femoral, metatarso-falangeano, escápulo-solo e coxo-solo foram irregulares entre os momentos de avaliação. As características de desempenho, amplitude e velocidade da passada anterior ao obstáculo e distância da batida possibilitam que os equinos ajustem a distância para a decolagem, assim como, a velocidade para ultrapassar o obstáculo. A amplitude e velocidade da passada sobre o obstáculo e a distância da recepção podem ser consideradas como consequências das características de desempenho citadas anteriormente. Os ângulos da cabeça e do pescoço estão diretamente relacionados ao movimento de báscula do pescoço-cabeça dos equinos no salto. As características inerentes aos potros, como os ângulos úmero-radial e rádio-carpo-metacarpiano, distâncias vertical escápula-boleto e vertical da articulação úmero-radial ao boleto, da articulação úmero-radial ao boleto, vertical soldra-boleto, ângulos femoro-tibial, tíbio-tarso-metatarsiano e cernelha-garupa-boleto-pélvico estão indiretamente relacionadas com o insucesso no salto, uma vez que alterações nessas variáveis irão proporcionar alteração nas alturas dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo que, por sua vez, estão diretamente relacionadas com o derrube do obstáculo.

Palavras-chave: biomecânica, equinos, esportes equestres, locomoção, salto

CAPTER 1. MORPHOMETRIC ANALYSIS OF HORSES AT STATION AND AT JUMPING WITH KINEMATIC TECHNIQUE

ABSTRACT

This study was carried out to describe the procedures used to evaluate horses at station and jumping fences using the kinematic technique. Yearlings (n=109) from Coudelaria de Rincão, RS were evaluated. Anatomical points were highlighted with 19 reflective markers. The yearlings were filmed in station and during five jumps of vertical fence with 0.60, 0.80 and 1.05 meters higher, at the 22-25, 23-32 and 36-39 months of age, respectively. The images were obtained with camera acquisition frequency of 100 Hz and analyzed with Simi Reality Motion Systems[®]. The growing yearlings presented increase of height at withers and croup, body length, distance from shoulder to fetlock and neck length, leg length and forearm length. The humerus-radial angle, metacarpal-falangeano angle, femoro-tibial angle, tibio-tarsal-metatarsal angle increased with age, while the head angle, neck angle, hip joint angle, metatarsal-phalanx angle, shoulder-floor angle and coxae-floor angle were irregular among the evaluation periods. The performance characteristics, length and velocity of the stride prior and take-off distance enable horses to adjust the distance to take-off, as well as the speed to overcome the fence. The length and velocity of the stride over the fence and landing distance can be considered as a consequence of the performance characteristics mentioned above. The head and neck angle are directly related to the bascule movement from neck-head at jumping. The inherent characteristics of the yearlings, as the humeral-radial and radio-carpal-metacarpal angle as well as scapula-fetlock and humerus-radial joint vertical distances, the humerus-radial joint to the fetlock, stifle-fetlock vertical distances, femoro-tibial angle, tibio-tarsal-metatarsal angle and withers-croup-hind limb fetlock joint angle are indirectly related to the failure on the jump, since changes in these variables will provide change in the heights of the fore and hindlimbs over the obstacle, in turn, are directly related to the overthrow of the fences.

Keywords: biomechanics, equestrian sports, horses, jumping, locomotion

1. INTRODUÇÃO

A avaliação visual é utilizada para julgar o movimento e, consequentemente, o desempenho dos equinos nas várias modalidades, assim como para a seleção de animais para a reprodução e o diagnóstico de claudicações, porém, esse tipo de avaliação pode acarretar todos os riscos que são inerentes à subjetividade. Por esse motivo, a análise da cinemática é utilizada para quantificar objetivamente os movimentos dos equinos (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).

Na análise cinemática, os movimentos são quantitativamente descritos por variáveis lineares e angulares que se relacionam com o tempo, como deslocamento, velocidade e aceleração, sem considerar as forças que causaram o movimento. A abordagem cinemática é a mais empregada em pesquisas com equinos, provavelmente devido à facilidade de mensuração e de visualização das variáveis quando comparadas com outras técnicas utilizadas na biomecânica (BARREY, 1999; CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001; BARREY, 2008).

A análise dos movimentos dos equinos iniciou-se com Marey, em 1873, na França, onde estudou o tempo de cada andamento durante a locomoção utilizando o método cronográfico e com Muybridge, em 1887, nos Estados Unidos da América, que utilizou 24 máquinas fotográficas acopladas para fornecer fotos em sequência realizando pequenos filmetes (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).

Após o trabalho destes pesquisadores houve supremacia das pesquisas na Alemanha até a Segunda Guerra Mundial. Nessa época, um atributo desejável nos equinos utilizados nas batalhas era o comprimento da passada, sendo assim, os pesquisadores alemães focalizaram os estudos para determinar as características de conformação que indicassem equinos com passadas longas (Van WEEREN, 2001).

A Segunda Guerra Mundial trouxe um período de dificuldades para diversos países, que tiveram que se reestruturar. Em 1971, Fredricson e Drevemo reiniciam as pesquisas sobre a locomoção equina com o estudo da análise quantitativa do movimento dos cascos utilizando câmeras de alta velocidade, publicando os resultados desse trabalho no recém fundado *Equine Veterinary Journal* (FREDRICSON & DREVEMO, 1971). Posteriormente, Fredricson utilizando instrumentos mais modernos, registrando imagens com até 500 quadros por segundo, no plano tridimensional para avaliar os movimentos dos membros dos equinos *Standardbreds*, durante o movimento. Esse procedimento gerou um grande volume de dados, que foram analisados por métodos de análises de dados utilizados na indústria da aviação. Essa pesquisa resultou na sua tese que foi considerada com o início da era moderna das pesquisas em locomoção de equinos (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).

O início da década de 1990 pode ser considerado como a segunda era dos estudos em biomecânica equina, pois houve estabelecimento da técnica de análise dos movimentos dos equinos, com a formação de vários centros de qualidade na Europa e nos Estados Unidos da América. Além disso, outros projetos em escala menor foram realizados, aumentando assim a importância da pesquisa, inclusive no Brasil (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).

A técnica mais comum no estudo da cinemática dos equinos é a análise em vídeo utilizando programas de computador específicos. Esses sistemas consistem em filmar os

animais utilizando uma ou mais câmeras, à campo ou em laboratórios, no intuito de analisar as características do movimento de cada segmento do corpo, segundo as trajetórias das articulações.

A sequência de eventos para análise de vídeo envolve a fixação dos marcadores reflexivos no equino, a calibração do espaço da gravação, a captura e a digitalização das imagens para coleta das coordenadas fornecidas pelos marcadores. Estes devem ser fixados em pontos anatômicos específicos no animal, de acordo com os objetivos de cada estudo, para serem utilizados como pontos de referência durante as análises das imagens (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).

As principais finalidades da análise dos movimentos em equinos são descrever a locomoção normal, caracterizar o movimento anormal e avaliar o desempenho esportivo. Novas técnicas são desenvolvidas visando a prevenção de desordens locomotoras, a formação de banco de dados para fornecer informações que possibilitam a rápida recuperação do animal, o aprimoramento do desempenho atlético e a seleção de cavalos com aptidão para determinada modalidade esportiva.

Nas provas hípicas, existem muitas variáveis que condicionam o sucesso ou não, uma delas seria a execução do salto propriamente dito, sendo que para ultrapassar o obstáculo, o equino realiza uma sucessão de movimentos, que dão origem às características de desempenho e inerentes ao potro sendo assim descrito: à medida que se aproxima do obstáculo, o cavalo alonga a coluna vertebral na previsão do esforço a ser despendido. Em seguida, na batida, há o recolhimento do corpo para conseguir impulso suficiente para a decolagem e o pescoço se eleva; na passagem dos membros torácicos sobre o obstáculo o pescoço se abaixa, a coluna vertebral se estende na direção da projeção, enquanto os membros pélvicos distendem-se e conduzem o corpo para cima. Na passagem dos membros pélvicos sobre o obstáculo, o pescoço se eleva e esta ação precipita a descida da região cranial e retorno ao solo para uma nova partida (ALLEN & DENNIS, 2002).

Objetivou-se descrever os procedimentos utilizados para a avaliação de equinos em estação e durante o salto em liberdade, utilizando a técnica da cinemática.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados 109 potros da raça Brasileiro de Hipismo, de ambos os sexos, nascidos no período de setembro a dezembro de 2007, pertencentes ao Exército Brasileiro, criados de maneira uniforme na Coudelaria de Rincão, São Borja, Rio Grande do Sul. Os potros permaneceram com suas mães em pastos de aveia e avevém, no inverno, e milho, no verão. Aos seis meses de idade, os potros foram desmamados e marcados, separando-se os animais em lotes, de acordo com o sexo. Esses animais permaneceram em sistema extensivo, alimentados com 2 Kg de concentrado comercial, fornecido no período da manhã, e 2 Kg de aveia fornecido no período da tarde. O alimento volumoso foi fornecido como forrageiras nas pastagens. Foram realizadas vacinações contra adenite, leptospirose, rinopneumonia, encefalomielite, tétano e raiva. Os animais foram vermifugados a cada dois meses com rotação do princípio ativo a cada três dosagens.

As avaliações desses animais ocorreram em três momentos distintos, aos 22-25, 29-32 e 36-39 meses de idade. Nestes momentos os potros ainda não haviam sido submetidos a nenhum tipo de treinamento. No entanto, no último momento, os potros tinham iniciado a doma de baixo, com a colocação e os comandos do cabresto, assim como o manejo de higiene corporal.

Inicialmente, o peso corporal foi aferido com fita própria calibrada para estimativa do peso. O perímetro do tórax foi avaliado logo após a extremidade caudal da cernelha entre os processos espinhosos T8 e T9 até a articulação da 9ª costela com o processo xifóide. O perímetro do antebraço foi aferido medialmente entre a distância da área central da articulação úmero-radial ao terço médio lateral da articulação cárpica. O perímetro do joelho foi mensurado na região central do carpo e o perímetro da canela foi avaliado na região medial entre a distância do terço médio lateral da articulação cárpica e o terço médio da face da lateral da articulação metacarpofalangeana do membro esquerdo (PINTO et al., 2008).

As mensurações foram utilizadas para estimativas de índices morfométricos que evidenciam relações existentes entre as medidas de comprimento, perímetro e peso, de acordo com OOM & FERREIRA (1987) e CABRAL et al. (2004a). Foram utilizados os índices: Corporal (IC), Dáctilo-torácico (IDT) e Carga na canela (ICC). O Índice Corporal relaciona o comprimento do corpo com o perímetro torácico dos equinos: $IC = (\text{Comprimento do corpo} / \text{Perímetro torácico}) \times 100$, classificando-os em longilíneos, medilíneos e brevilíneos. Os equinos longilíneos apresentam IC maior ou igual a 90; os medilíneos com IC entre 86 e 89; e os brevilíneos com IC menor ou igual 85. O índice dáctilo-torácico relaciona o perímetro da canela com o perímetro torácico e indica a correlação existente entre a massa dos equinos e os membros: $IDT = (\text{Perímetro da canela} / \text{Perímetro torácico})$, classificando-os em hipométricos, eumétricos e hipométricos. Os equinos hipométricos apresentam IDT maior que 10,8; os eumétricos com IDT entre 10,8 e 10,5; e os hipométricos com IDT menor que 10,5. O índice de carga na canela (ICC) relaciona o perímetro da canela com o peso e indica a capacidade das extremidades do equino em deslocar a sua massa, sendo calculado com a fórmula: $ICC = (\text{perímetro da canela} / \text{peso corporal}) \times 100$.

Em seguida foram fixados marcadores reflexivos em 19 pontos anatômicos, na face esquerda dos animais, considerados como referência para a avaliação das características de desempenho durante o salto. Esses marcadores, que foram confeccionados com material reflexivo utilizado em sinalização rodoviária, com cinco centímetros de diâmetro, foram fixados em locais pré-determinados com cola de cianoacrilato (*Super Bond*[®]), assim descritos (adaptado de CLAYTON; SCHAMHARDT, 2001; LEWCZUK, 2006) (Figura 1):

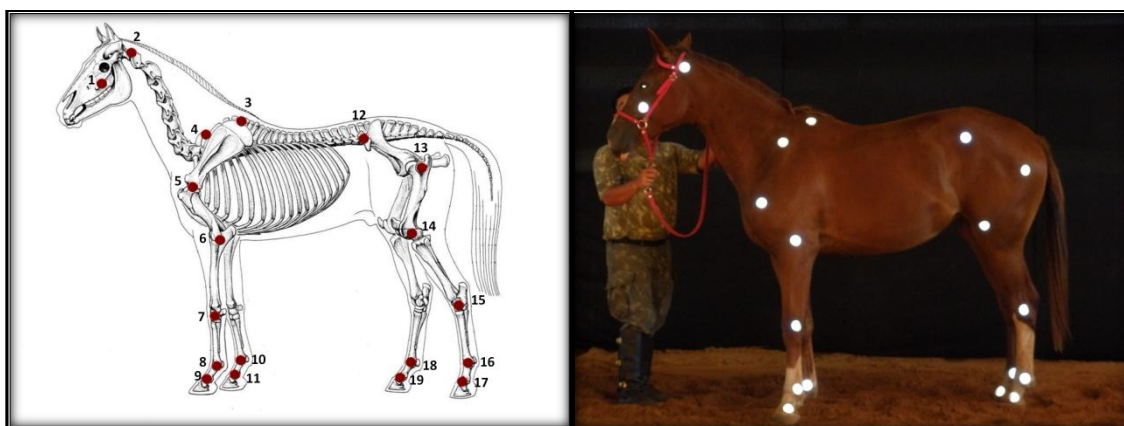


Figura 1. Posicionamento dos marcadores reflexivos

1. ponto médio da crista facial;
2. porção cranial da face lateral da asa do atlas;
3. porção dorsal na cartilagem da escápula seguindo a linha da espinha da escápula;
4. ponto médio da borda cranial da escápula, cranialmente ao músculo supra-espinhoso;
5. área central da articulação escápulo-umeral, na região da cavidade glenóide da escápula e cabeça do úmero;
6. área central da articulação úmero-radial, na região do côndilo do úmero, fôvea capitular do rádio e incisura troclear da ulna;
7. terço médio lateral da articulação cárpica, região lateral do osso carpo ulnar;
8. terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana do membro torácico esquerdo;
9. face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro torácico esquerdo;
10. terço médio da face da medial da articulação metacarpofalangeana do membro torácico direito;
11. face medial da articulação interfalangeana proximal dos membros torácico direito;
12. ponto médio ventral da face lateral da tuberosidade coxal;
13. região média do trocanter maior do fêmur, na articulação coxofemoral;
14. ponto médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar, na região entre o epicôndilo e côndilo lateral do fêmur;
15. terço médio lateral da articulação társica, na região lateral entre a base do calcâneo e osso tálus;
16. terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro pélvico esquerdo;
17. face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico esquerdo;

18. terço médio da face medial da articulação metatarsofalangeana do membro pélvico direito e
19. face medial da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico direito.

Antes da avaliação no picadeiro, os potros receberam identificação na face, realizada com tinta em bastão própria para marcação de animais (*Zoomarc*[®]).

Em seguida, os potros foram conduzidos individualmente ao picadeiro coberto com 45x19 metros de dimensão, e preparado para favorecer a captura das imagens. Para melhor padronização e qualidade das imagens foi posicionado um pano preto com 102 m² no centro da área útil da filmagem e, para controlar a luminosidade, foram posicionados nas extremidades do pano duas lonas plásticas de 18x3 metros, na cor preta. Foram inseridos ao campo de filmagem dez holofotes de 500 Watts, no intuito de amplificar o contraste das imagens capturadas, permitindo maior clareza na visualização dos marcadores reflexivos utilizados como referência. No campo de visão da câmera foram instaladas três placas de identificação, duas para o número de identificação dos potros, de acordo com a ordem de entrada no picadeiro, e uma para a repetição do salto. Com o objetivo de melhor condução dos potros ao obstáculo e manutenção da cadência do galope foi desenvolvido um ambiente simulando a um “*coliseu*”, corredor elíptico que permite a condução do equino, a partir do seu centro (Figura 2 e 3).

Para a captura das imagens em estação, os potros foram conduzidos pelo cabresto e posicionados com os membros torácicos e pélvicos, na perpendicular, formando um paralelogramo retangular. Dessa forma, o animal visto de perfil, tinha seus membros de cada lado se encobrindo e, vistos de frente ou de detrás, os tinham na vertical e igualmente apoiados no piso. As seguintes mensurações foram realizadas (Figura 4 e 5):



Figura 2. Estrutura montada para a captura das imagens durante o salto de obstáculo

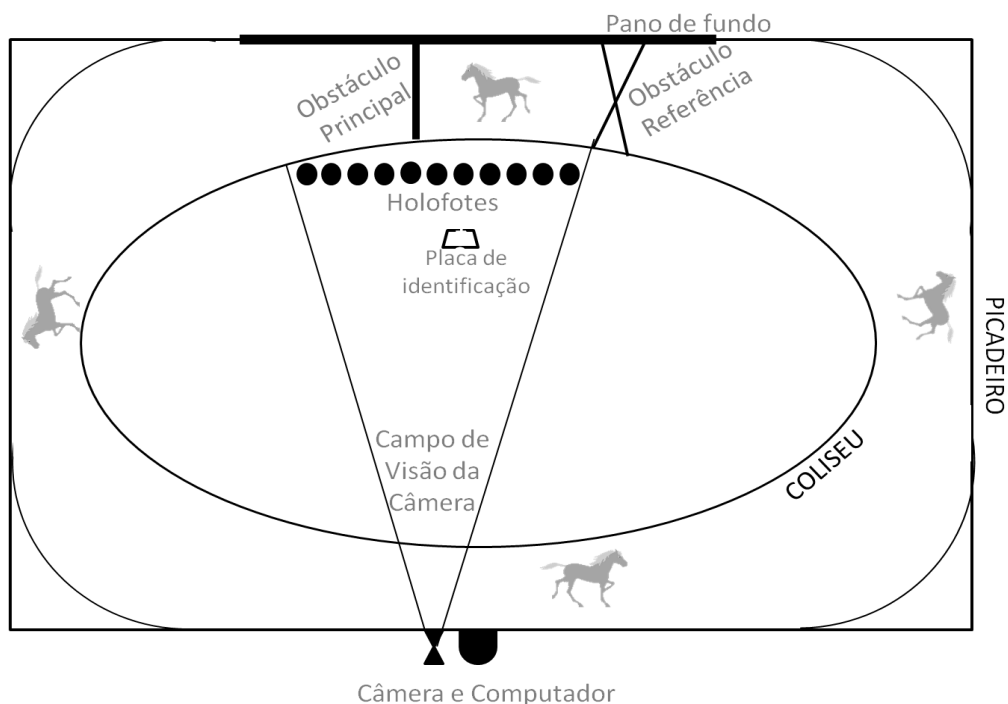


Figura 3. Esquema do ambiente de filmagem

1. altura na cernelha - distância vertical do ponto mais alto da região interescapular, localizado no espaço definido pelo processo espinhoso da 5ª e 6ª vértebra torácica, até o solo;
2. altura na garupa - distância vertical do ponto mais alto da garupa, mais especificamente sobre a tuberosidade sacral, até o solo;
3. comprimento do corpo - distância da face cranial do tubérculo maior do úmero até a extremidade caudal da tuberosidade isquiática;
4. comprimento do pescoço - distância da porção cranial da face lateral da asa do atlas até o ponto médio da borda cranial da escápula;
5. distância escápula-boleto - distância da área central da articulação escápulo-umeral até o terço médio da face da lateral da articulação metacarpofalangeana do membro torácico esquerdo;
6. comprimento do antebraço - distância da área central da articulação úmero-radial ao terço médio lateral da articulação cárpica;
7. comprimento da canela torácica - distância do terço médio lateral da articulação cárpica ao terço médio da face da lateral da articulação metacarpofalangeana do membro torácico esquerdo;
8. comprimento da quartela torácica - distância do terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana à face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro torácico esquerdo;
9. comprimento da perna - distância do ponto médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar ao terço médio lateral da articulação társica;
10. comprimento canela pélvica - distância do terço médio lateral da articulação társica ao terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro esquerdo;

11. comprimento da quartela pélvica - distância do terço médio da face lateral da articulação metatarpofalangeana à face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro torácico esquerdo (PINTO et al., 2008).

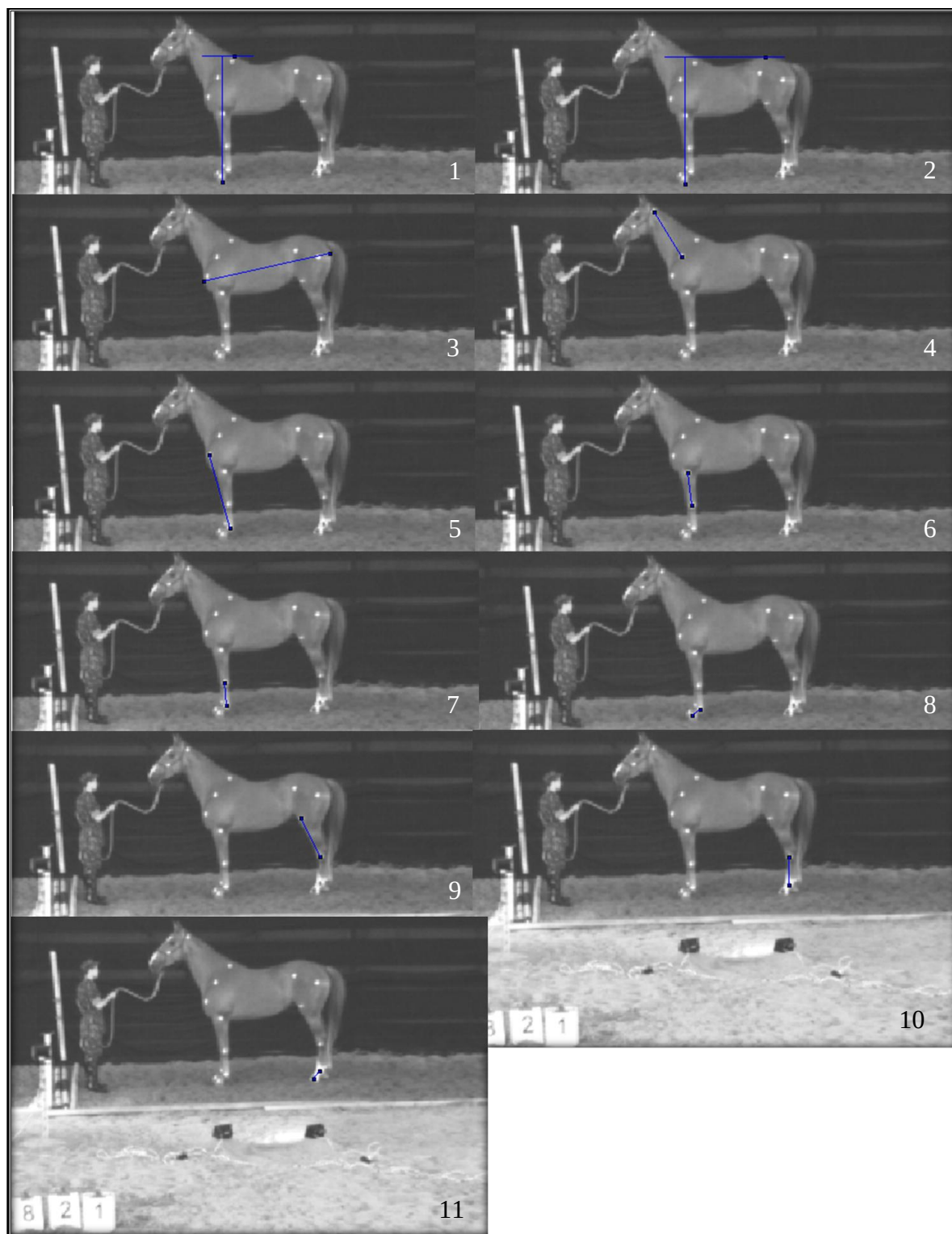


Figura 4. Medidas lineares realizadas nos potros em estação

1. ângulo da cabeça - formado pelo ponto médio da crista facial ao ponto da porção cranial da face lateral da asa do atlas até o ponto da porção dorsal na cartilagem da escápula seguindo a linha da espinha da escápula;
2. ângulo do pescoço - formado pelo ponto da porção cranial da face lateral da asa do atlas, ao ponto da porção dorsal na cartilagem da escápula e ao ponto da área central da articulação escapulo-umeral;
3. ângulo escapulo-umeral - formado pelo ponto da porção dorsal na cartilagem da escápula, ao ponto da área central da articulação escapulo-umeral e ao ponto da área central da articulação úmero-radial;
4. ângulo úmero-radial - formado pelo ponto da área central da articulação escapulo-umeral, ao ponto da área central da articulação úmero-radial e ao ponto do terço médio lateral da articulação cárpica, região lateral do osso carpiano ulnar;
5. ângulo rádio-carpo-metacarpiano - formado pelo ponto da área central da articulação escapulo-umeral, ao ponto da área central da articulação úmero-radial e ao ponto do terço médio lateral da articulação cárpica;
6. ângulo metacarpo-falangeano - formado pelo ponto da área central da articulação úmero-radial, ao ponto do terço médio lateral da articulação cárpica e ao ponto do terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana;
7. ângulo escapulo-solo - formado pela inclinação da escápula em relação ao plano horizontal;
8. ângulo coxo-solo - formado pela inclinação da garupa em relação ao plano horizontal;
9. ângulo coxo-femoral - formado pelo ponto médio ventral da face lateral da tuberosidade coxal, ao ponto da região média do trocanter maior da articulação coxofemoral até o ponto do médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar;
10. ângulo femoro-tibial - formado pelo ponto médio do trocanter maior, ao ponto do médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar até o ponto do terço médio lateral da articulação társica;
11. ângulo tíbio-tarso-metatarsiano – formado pelo ponto médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar, ao ponto do terço médio lateral da articulação társica e ao ponto do terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana;
12. ângulo metatarso-falangeano - formado pelo ponto do terço médio lateral do tarso, ao ponto do terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana e ao ponto da face lateral da articulação interfalangeana (PINTO et al., 2008).

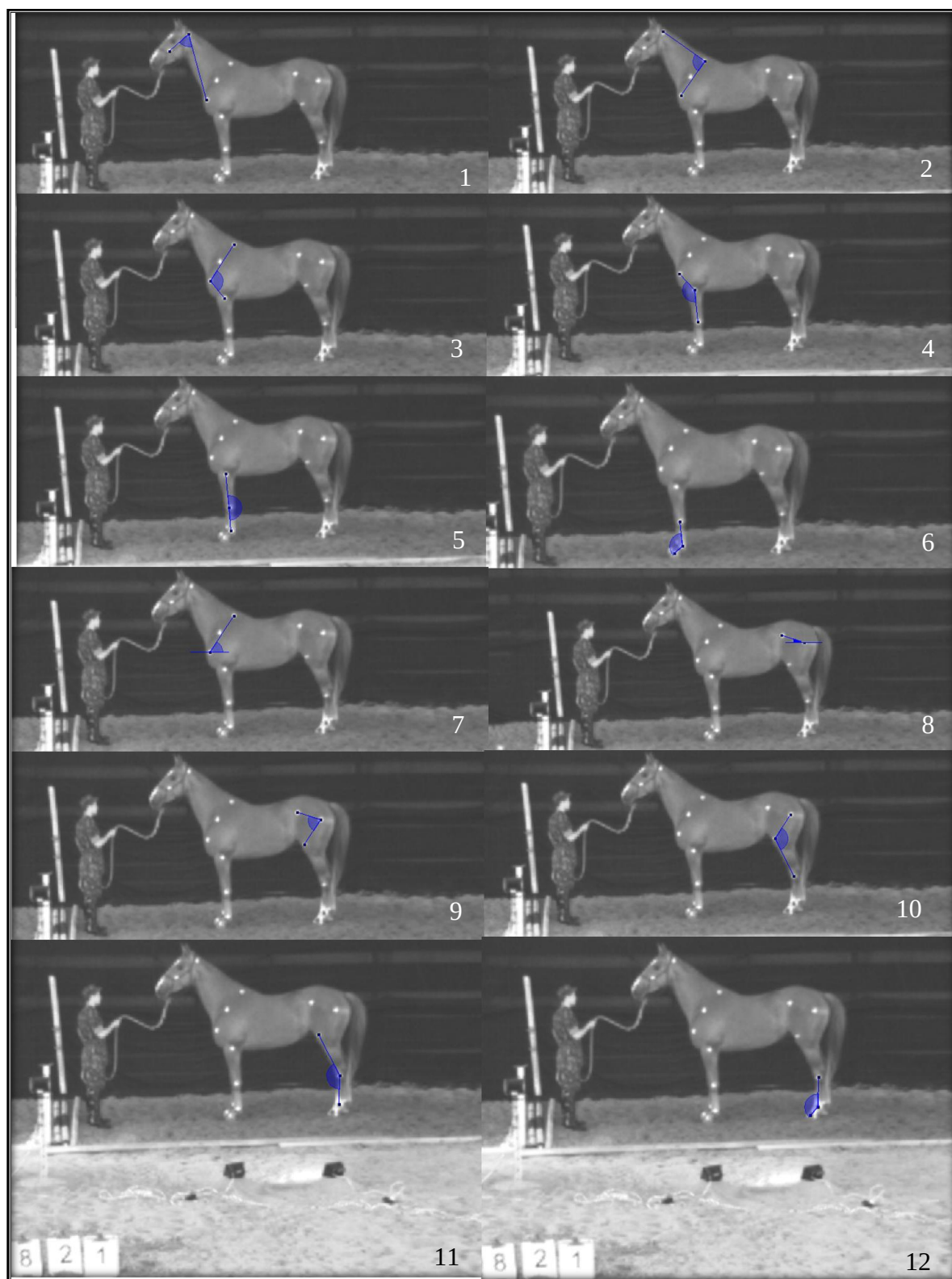


Figura 5. Medidas angulares realizadas nos potros em estação

Em seguida, os potros realizaram aquecimento ao passo, ao trote e ao galope. E, imediatamente após, a estrutura para os saltos foi montada; com um obstáculo principal em vertical, situado no centro do campo de visão da câmera, e o obstáculo de referência em forma de X com 0,35 à 0,45 metros de altura, fora do centro de visão da câmera (Figura 2 e 3). O

vertical é um obstáculo único onde todos os elementos que o compõem estão posicionados no mesmo plano vertical, com o único objetivo da transposição da altura pelo equino (CBH, 2011). E, o obstáculo de referência em X permanecia distante de 6,5 à 7,0 m do obstáculo principal, visando garantir maior segurança aos animais, pois obrigava que os potros percorressem uma distância padronizada para abordar o obstáculo vertical com maior facilidade (SCHLUP, 2010).

O obstáculo principal em vertical foi estruturado nas alturas de 0,60; 0,80 e 1,05 m, no 1º, 2º e 3º momento de coleta de dados, respectivamente. No intuito de melhor adaptação dos potros ao obstáculo, foram realizados de dois a três saltos em alturas menores, com o obstáculo em forma de X. Em seguida, alterava-se o obstáculo para a forma de Vertical e, a partir desse momento, cada potro realizou cinco tentativas consecutivas de salto em liberdade filmadas. As tentativas foram classificadas em:

- 1) Salto com sucesso: quando o potro executou o salto sobre o obstáculo vertical sem cometer qualquer falta;
- 2) Salto com insucesso ou falta: quando o potro cometeu alguma penalidade no obstáculo vertical que é considerada falta de acordo com o regulamento da CBH (2011), sendo:
 - a. Derrube é quando todo o obstáculo ou a parte superior do mesmo cair. Essa foi a única categoria de falta que foi possível realizar a análise das imagens, total ou parcialmente;
 - b. Desvio é quando o potro não salta o obstáculo, desviando-se, no caso do presente trabalho, para a esquerda;
 - c. Refugo é quando o potro pára na frente de um obstáculo Vertical, podendo, nesse caso, ter derrubado ou deslocado o obstáculo ou parte dele.

Durante todo o experimento, um profissional qualificado, com vasta experiência em participação em Concursos Hípicos, aulas de equitação, treinamento e condicionamento de equinos para o salto participou ativamente, visando manter a integridade dos potros. Os parâmetros avaliados durante o salto de obstáculo foram agrupados em duas categorias, características de desempenho e características inerentes aos potros.

As características de desempenho estão relacionadas à qualidade do salto do potro e ao tipo e altura do obstáculo, propriamente dito. Essas características que possibilitam qualificar o salto de cada animal e são mensuradas em algum ponto do corpo do potro e do obstáculo, foram:

1. Amplitude da passada anterior ao salto – é a distância entre o contato do casco torácico esquerdo no lance que antecede o salto e o contato desse mesmo casco na batida, ou seja, é a passada completa do membro torácico esquerdo torácico ao salto, utilizando o marcador fixado na face lateral da articulação interfalangeana proximal (ponto 9) como referência (Figura 6);

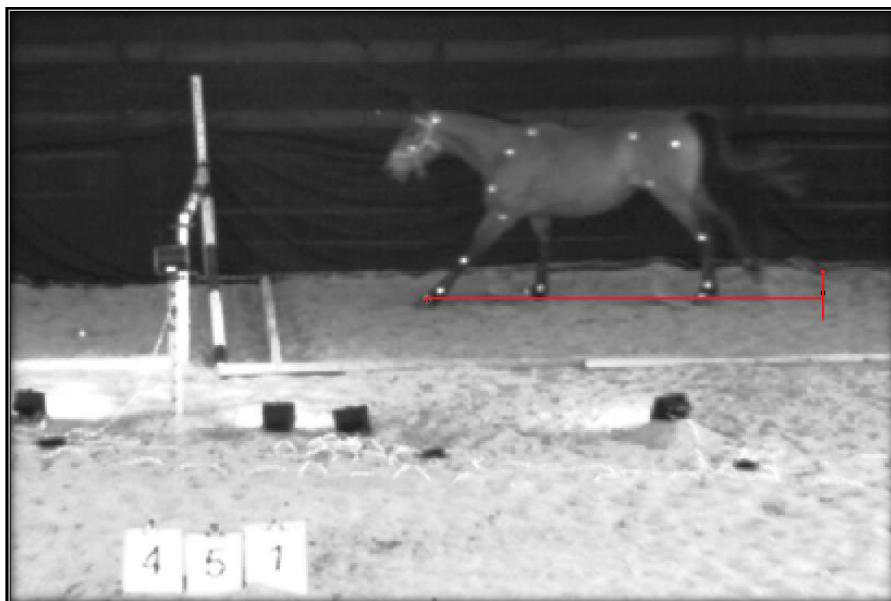


Figura 6. Amplitude da passada anterior ao salto

2. velocidade da passada anterior ao salto – é a velocidade horizontal para percorrer a distância da amplitude da passada anterior ao obstáculo, calculada como a distância sobre tempo;
3. amplitude da passada sobre o obstáculo – é a distância entre o contato do casco pélvico esquerdo com o solo na batida até o contato deste mesmo casco com o solo na recepção, utilizando o marcador fixado na face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico esquerdo (ponto 17) como referência (Figura 7);

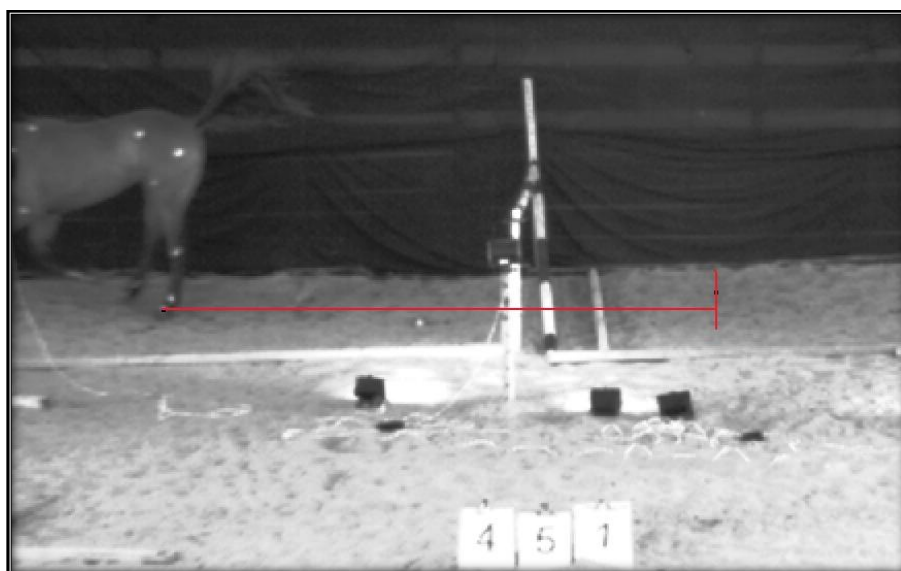


Figura 7. Amplitude da passada sobre o obstáculo

4. velocidade da passada sobre o obstáculo – é a velocidade horizontal para percorrer a distância da amplitude da passada sobre o obstáculo, calculada como a distância sobre tempo;

5. distância da batida (decolagem) – compreende a distância entre o obstáculo e o casco pélvico mais próximo ao obstáculo, imediatamente antes da fase de vôo, utilizando o marcador fixado na face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro pélvico (ponto 17 ou 19) como referência (Figura 8);

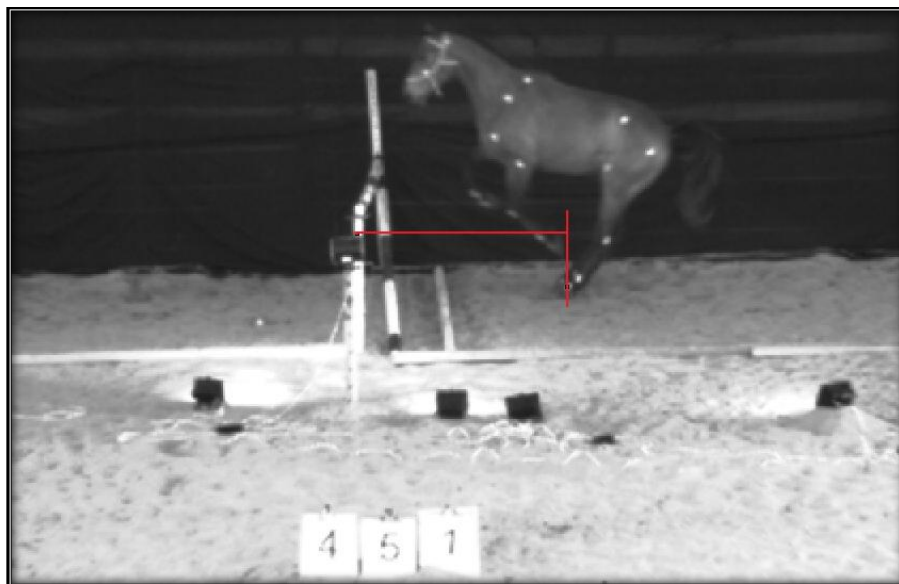


Figura 8. Distância da batida

6. distância da recepção (aterissagem) – compreende a distância entre o obstáculo e o casco torácico que toca primeiro o solo imediatamente após a fase de vôo, utilizando o marcador fixado na face lateral da articulação interfalangeana proximal do membro torácico (ponto 9 ou 11) como referência (Figura 9);

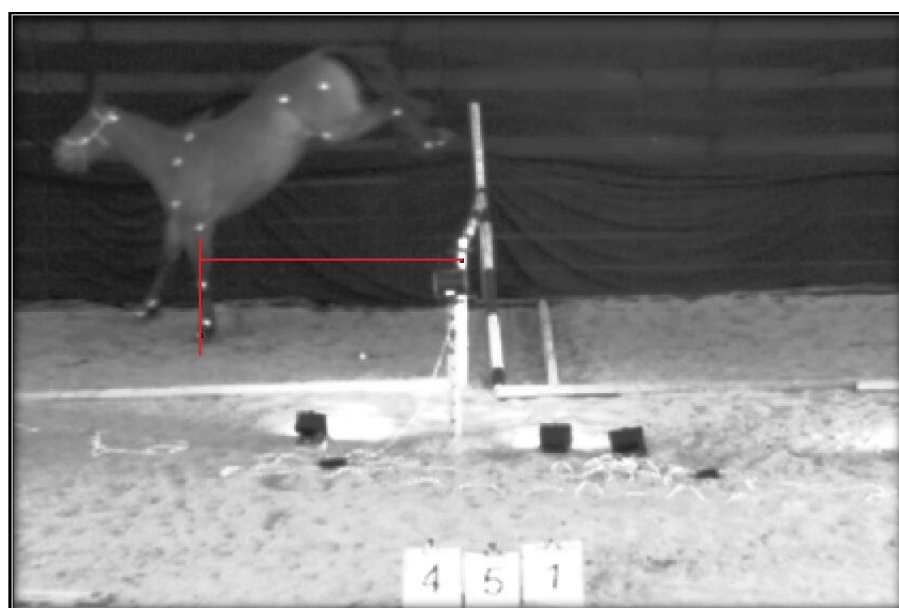


Figura 9. Distância da recepção

7. altura dos membros torácicos sobre o obstáculo – é a altura mínima dos membros torácicos em relação à vara do obstáculo, mensurado em dois momentos: a) utilizando a pinça do membro torácico esquerdo como referência, no momento da passagem desse sobre a vara do obstáculo. No caso de ocorrer a dissociação dos membros, foi realizada a mensuração dos membros direito e esquerdo (Figura 10), e b) utilizando o marcador fixado no terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana do membro esquerdo (ponto 8), no momento da passagem desse sobre a vara do obstáculo. No caso de ocorrer a dissociação dos membros, foi realizada a mensuração dos membros direito e esquerdo (Figura 11);

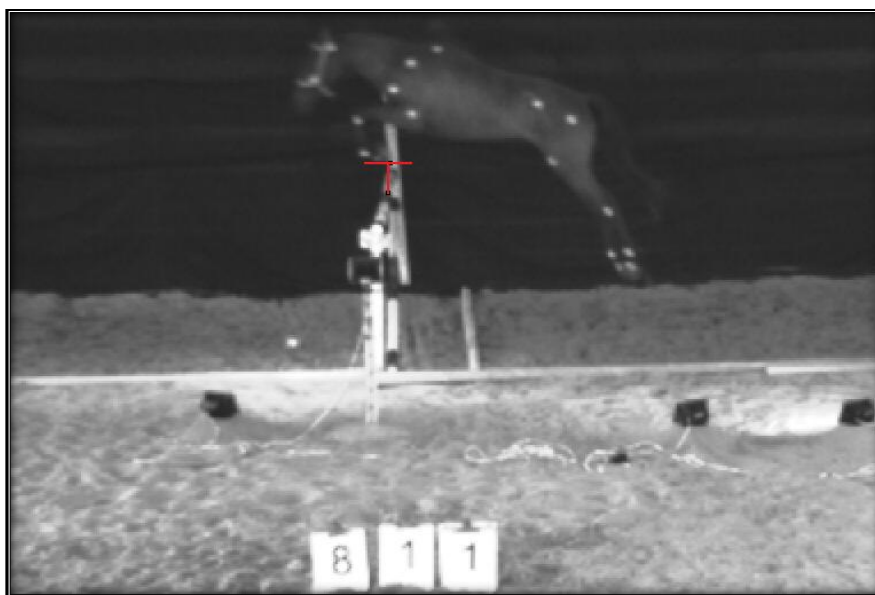


Figura 10. Altura da pinça torácica sobre o obstáculo

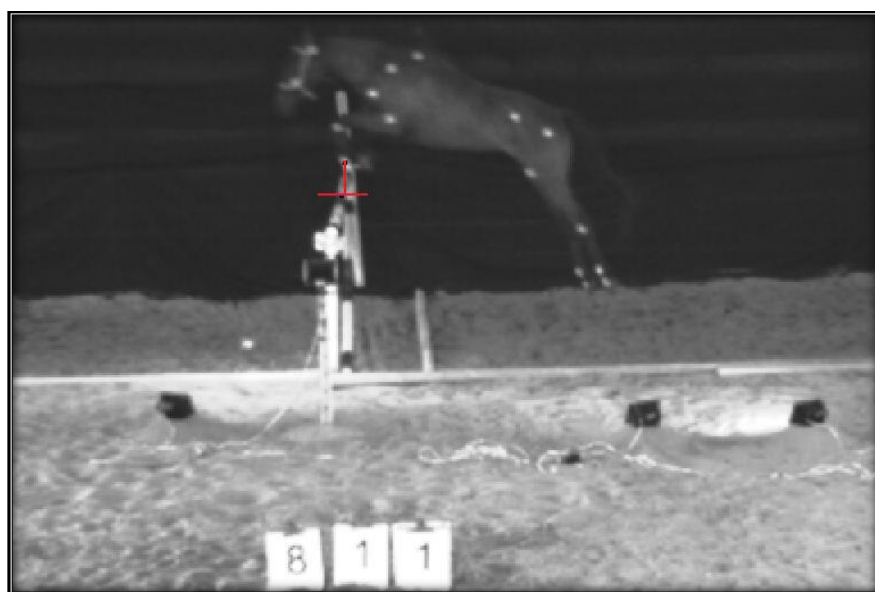


Figura 11. Altura do boleto torácico sobre o obstáculo

8. altura dos membros pélvicos sobre o obstáculo – é a altura mínima dos membros pélvicos em relação à vara do obstáculo, utilizando o marcador fixado no terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro esquerdo (ponto 16), no momento da passagem desse sobre a vara do obstáculo. No caso de ocorrer a dissociação dos membros, foi realizada a mensuração dos membros direito e esquerdo (Figura 12);

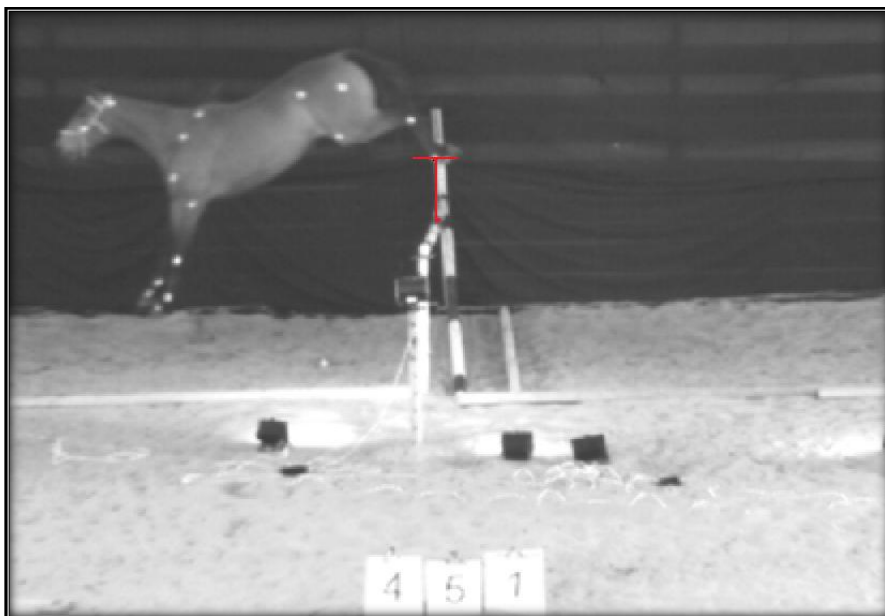


Figura 12. Altura dos membros pélvicos sobre o obstáculo

9. altura máxima da cernelha no salto – é a altura máxima durante a fase de vôo ou trajetória do salto até o solo utilizando como referência o marcador fixado na porção dorsal superior na cartilagem da escápula seguindo a linha da espinha da escápula (ponto 3) (Figura 13);

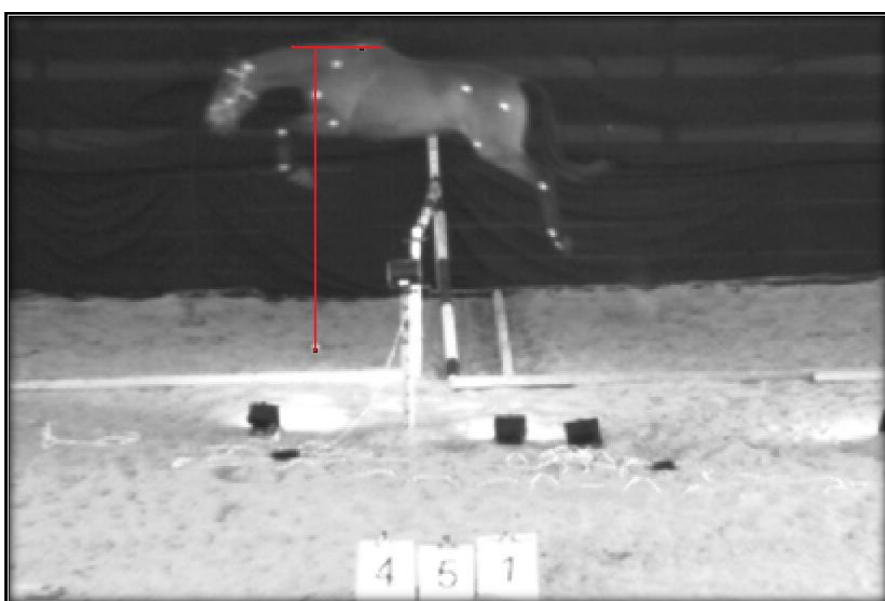


Figura 13. Altura máxima da cernelha no salto

10. deslocamento horizontal da cernelha no salto – é a distância horizontal em relação ao obstáculo, utilizando como referência o marcador fixado na porção dorsal superior na cartilagem da escápula seguindo a linha da espinha da escápula (ponto 3), no momento da altura máxima da cernelha durante a fase de vôo. Esse deslocamento pode ser anterior ou posterior ao obstáculo, sendo padronizado em valores negativos e positivos, respectivamente (Figura 14).

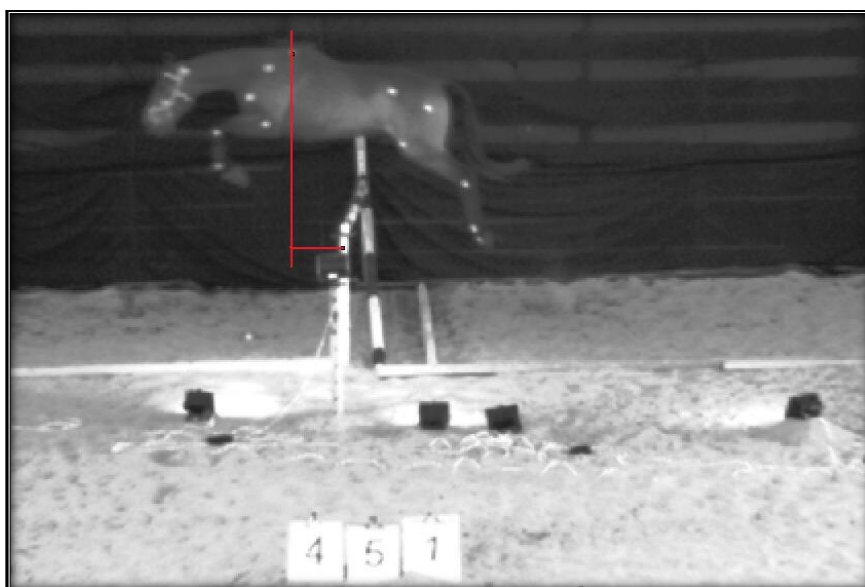


Figura 14. Deslocamento horizontal da cernelha no salto

Características inerentes ao potro foram mensuradas exclusivamente no corpo do animal durante o salto de obstáculo e permitem qualificar o gesto de salto dos potros de acordo com a morfologia. As características do segmento torácico foram mensuradas exatamente no mesmo instante, ou seja, no momento em que o boleto torácico esquerdo estava sobre a vara do obstáculo (Figura 11), e todas as do segmento pélvico foram mensuradas no momento em que o boleto pélvico esquerdo estava sobre a vara do obstáculo (Figura 12). Estas características foram:

1. Ângulo cabeça – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre o ponto médio da crista facial, da porção cranial da face lateral da asa do atlas e da área central da articulação escápulo-umeral (pontos 1,2 e 5) (Figura 15);

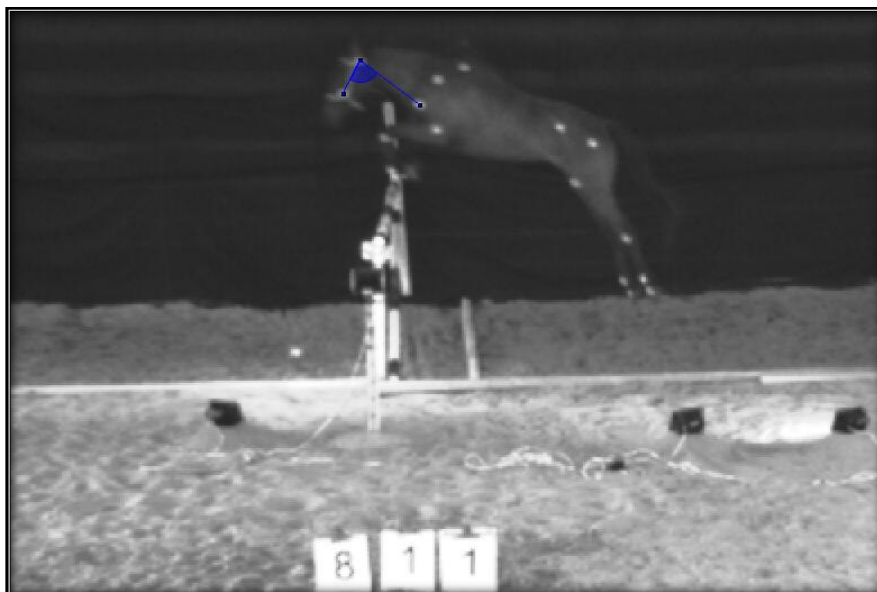


Figura 15. Ângulo da cabeça

2. ângulo do pescoço – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da porção cranial da face lateral da asa do atlas, da porção dorsal superior na cartilagem da escápula e da área central da articulação escápulo-umeral (pontos 2, 3 e 5) (Figura 16);

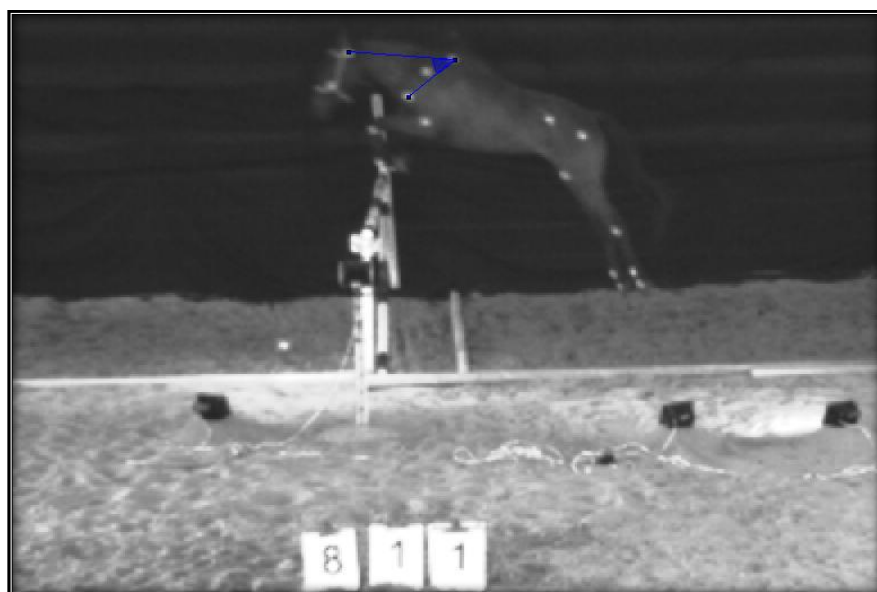


Figura 16. Ângulo do pescoço

3. ângulo escápulo-umeral A – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da porção dorsal superior na cartilagem da escápula, da área central da articulação escápulo-umeral e da área central da articulação úmero-radial (pontos 3, 5 e 6) (Figura 17);

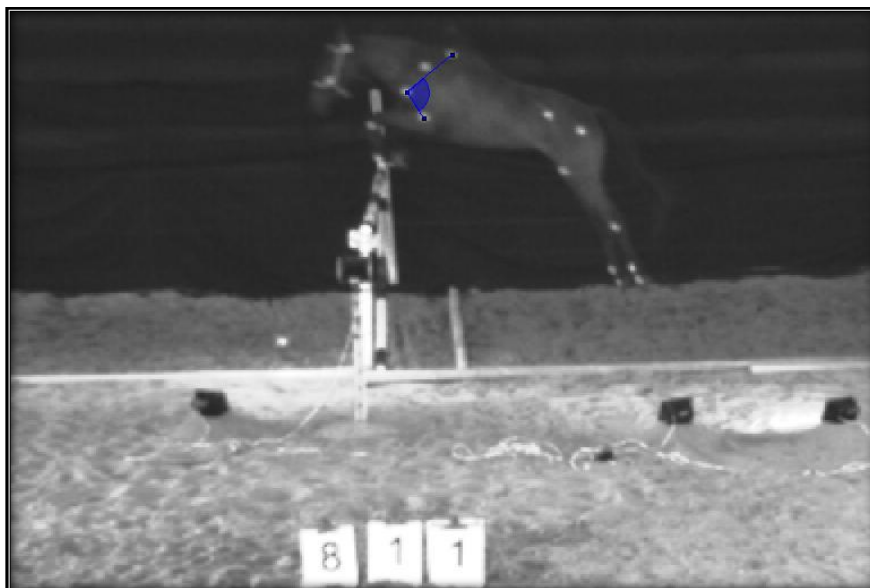


Figura 17. Ângulo escápulo-umeral A

4. ângulo escápulo-umeral B – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos médio da borda cranial da escápula, cranialmente ao músculo supra-espinhoso, da área central da articulação escápulo-umeral e da área central da articulação úmero-radial (pontos 4, 5 e 6) (Figura 18);

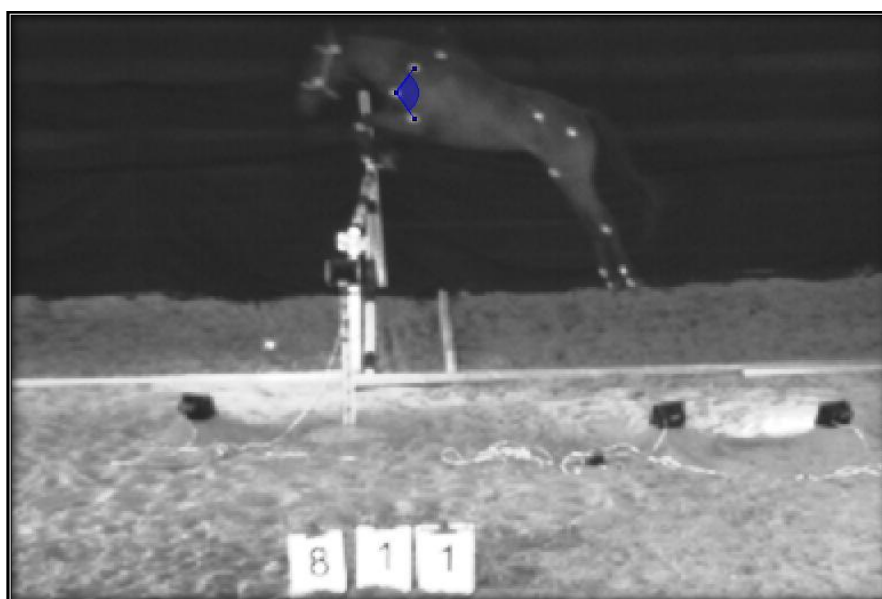


Figura 18. Ângulo escápulo-umeral B

5. ângulo úmero-radial – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da área central da articulação escápulo-umeral, da área central da articulação úmero-radial e do terço médio lateral da articulação cárpica, região lateral do osso carpiano ulnar (pontos 5, 6 e 7) (Figura 19);

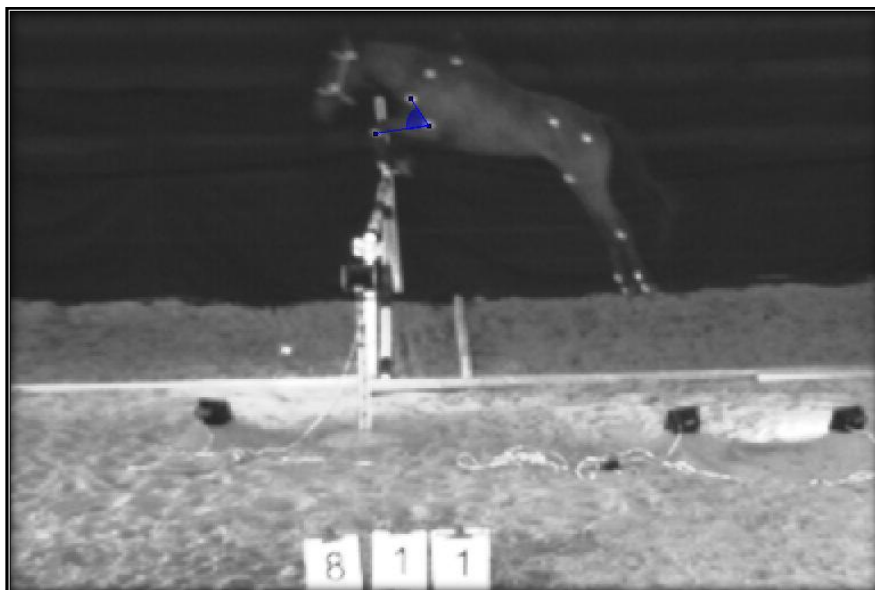


Figura 19. Ângulo úmero-radial

6. ângulo rádio-carpo-metacarpiano – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da área central da articulação úmero-radial, do terço médio lateral da articulação cárpica e do terço médio lateral da articulação cárpica (pontos 6, 7 e 8) (Figura 20);

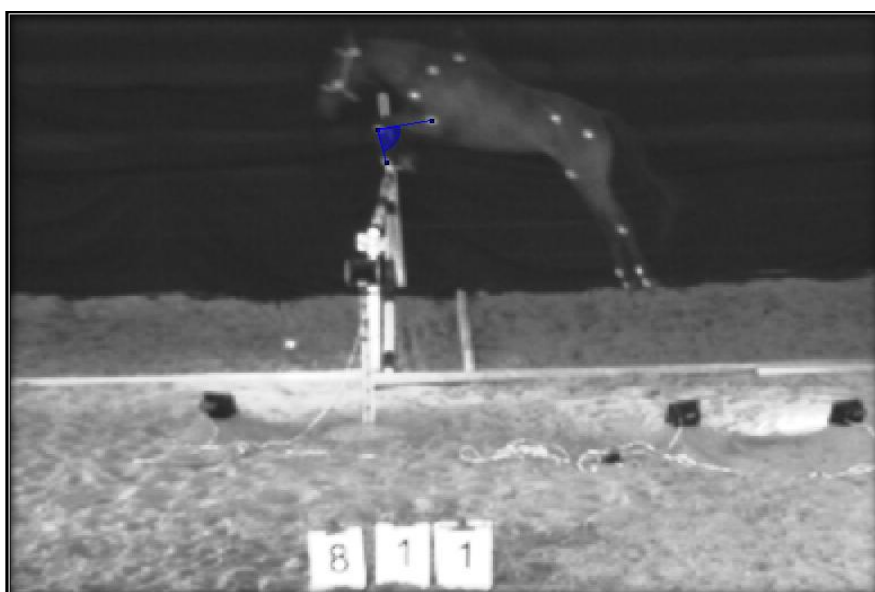


Figura 20. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano

7. distância vertical escápula-boleto – é a distância vertical, ou a diferença de nível entre dois pontos, é compreendida entre a área central da articulação escápulo-umeral e o terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana do membro esquerdo (pontos 5 e 8) (Figura 21);

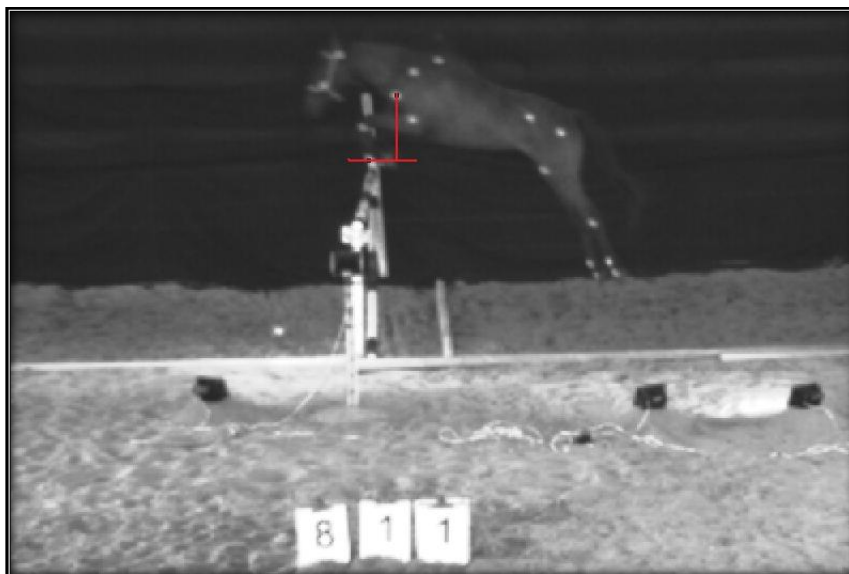


Figura 21. Distância vertical escápula-boleto

8. distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico – é a distância vertical, ou a diferença de nível entre dois pontos, compreendida entre a área central da articulação úmero-radial e o terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana do membro esquerdo (pontos 6 e 8) (Figura 22);

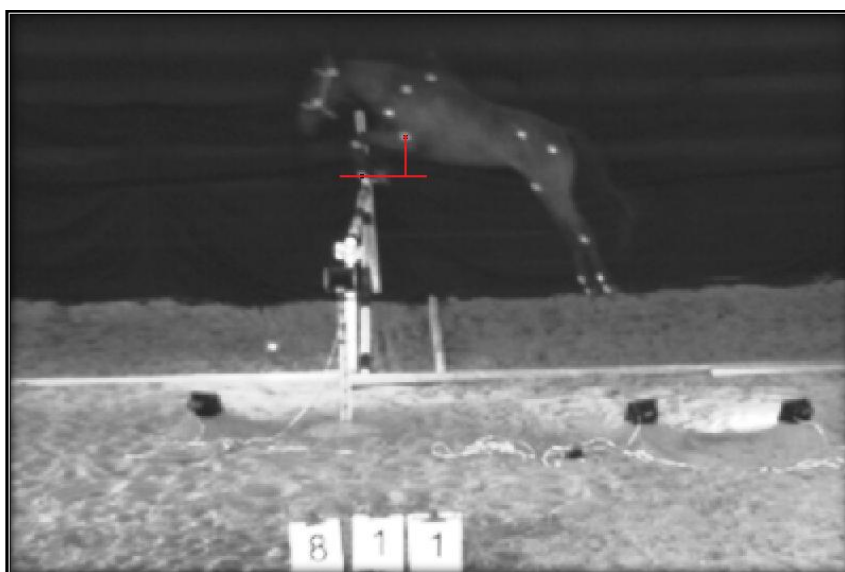


Figura 22. Distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico

9. distância da articulação úmero-radial ao bolete torácico – é a distância compreendida entre área central da articulação úmero-radial e terço médio da face lateral da articulação metacarpofalangeana do membro esquerdo (pontos 6 e 8) (Figura 23);

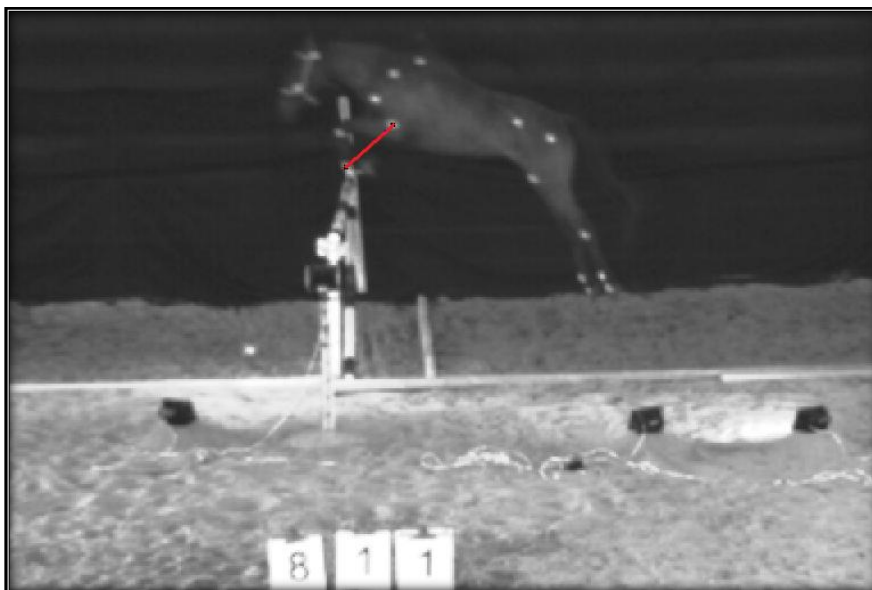


Figura 23. Distância da articulação úmero-radial ao bolete torácico

10. distância vertical soldra-boleto – é a distância vertical, ou a diferença de nível entre dois pontos, compreendida entre o ponto médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar e terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro esquerdo (pontos 14 e 16). Quando o bolete pélvico se elevou acima do nível da soldra foi acrescido ao valor da característica o sinal negativo. Utilizou-se o sinal positivo quando a soldra se apresentou acima do nível do bolete, como apresentado na Figura 24;

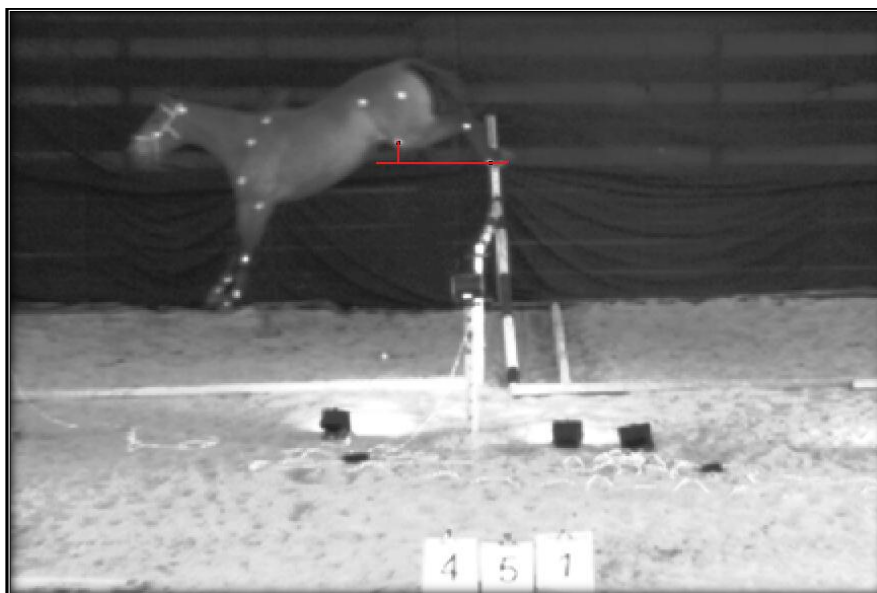


Figura 24. Distância vertical soldra-boleto

11. ângulo coxo-femoral – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos médio ventral da face lateral da tuberosidade coxo-iliaca, da região média do trocanter maior do fêmur, na articulação coxofemoral e do ponto médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar (pontos 12, 13 e 14) (Figura 25);

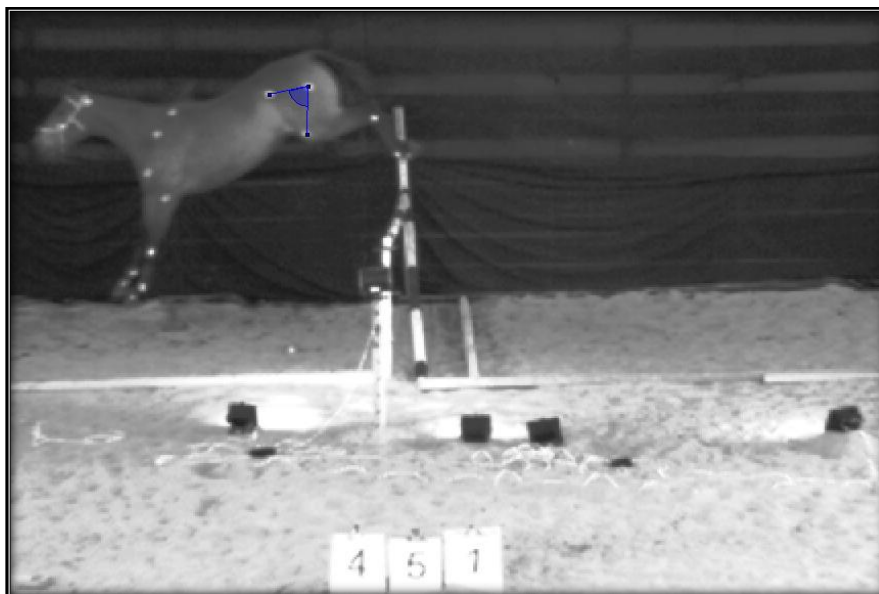


Figura 25. Ângulo coxo-femoral

12. ângulo fêmoro-tibial – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da região média do trocanter maior do fêmur, na articulação coxofemoral, do médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar e do terço médio lateral da articulação társica (pontos 13, 14 e 15) (Figura 26);

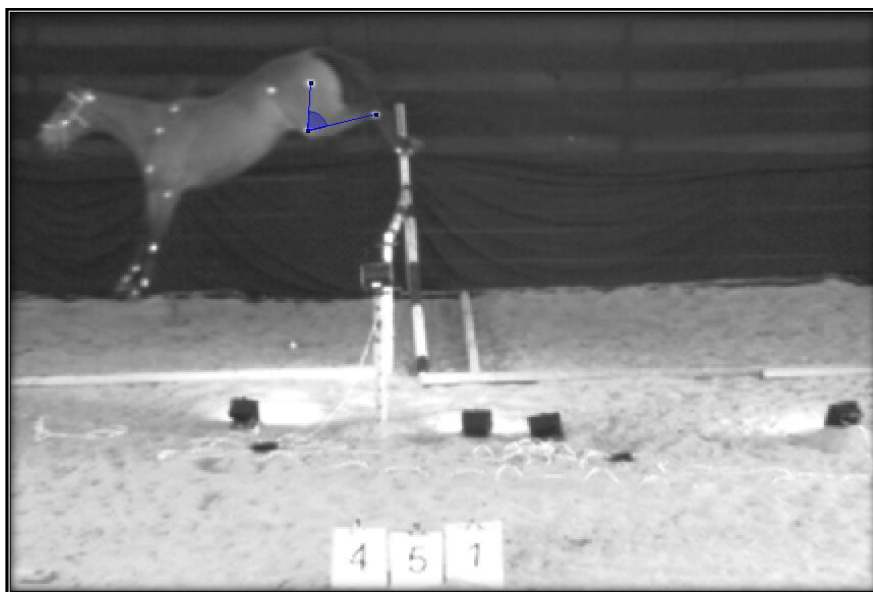


Figura 26. Ângulo femoro-tibial

13. ângulo tíbio-tarso-metatarsiano – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos médio lateral da articulação fêmorotibiopatelar, do terço médio lateral da articulação társica e do terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro esquerdo (pontos 14, 15 e 16) (Figura 27);

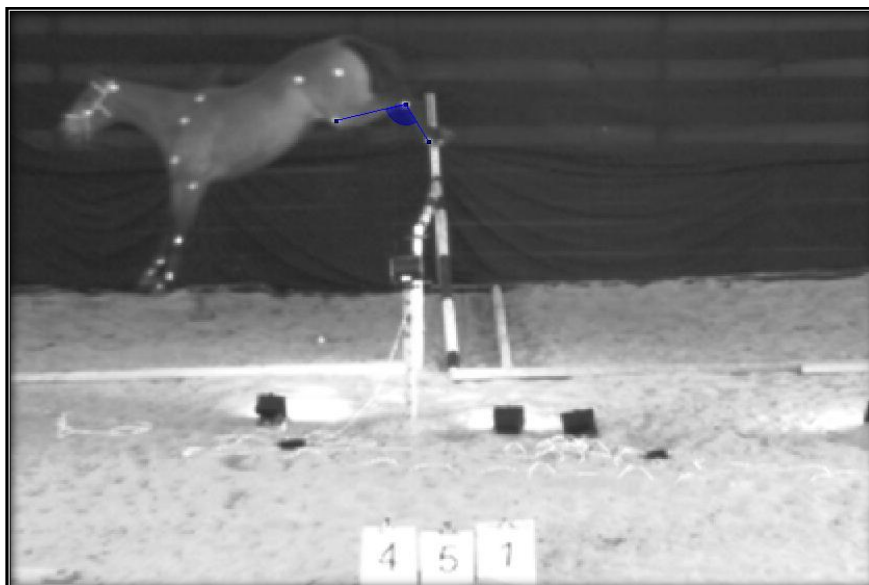


Figura 27. Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano

14. ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico – é o ângulo formado pelos marcadores fixados entre os pontos da porção dorsal superior na cartilagem da escápula, do médio ventral da face lateral da tuberosidade coxo-ilíaca e do terço médio da face lateral da articulação metatarsofalangeana do membro esquerdo (pontos 3, 12 e 16) (Figura 28).

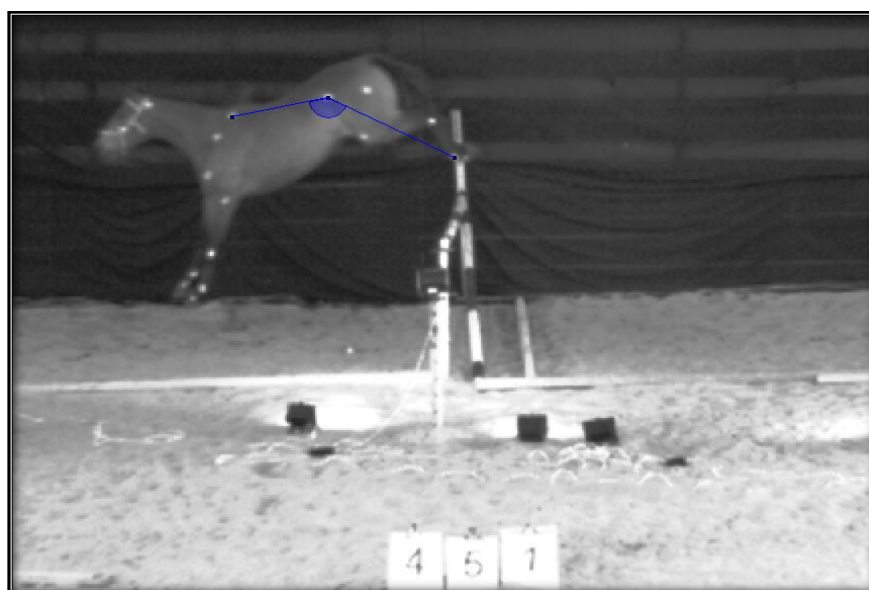


Figura 28. Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico

Para a captura das imagens bidimensionais foi utilizada câmera *Basler A602fc*[®] com frequência de aquisição de 100 Hz (BASLER, 2011) posicionada num tripé à 16,3 metros do centro do obstáculo principal, conectada por um cabo *firewire* IEEE 1394 ao computador configurado para esse fim. Devido à impossibilidade de posicionar a câmera no mesmo nível dos equinos, essa foi mantida em um palanque à altura de 2,35 metros, formando uma inclinação de 6,85°. Como esse ângulo foi menor que 10° não há a necessidade de fazer correções nas mensurações. Pela lente da câmera foi possível fazer o ajuste do foco e da

intensidade de luz. A câmera foi acionada pelo aplicativo *Simi Reality Motion Systems*® 4.7, 3D (SIMI, 2011) para a visualização e o armazenamento das imagens (Figura 29).

As imagens foram analisadas no Núcleo de Genética Equídea da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais utilizando o programa *Simi Reality Motion Systems*® 4.7, 3D (SIMI, 2011). Para a análise das imagens, primeiramente foi necessário calibrar o sistema, que consiste em fornecer ao programa o eixo de coordenadas com dimensões conhecidas, que no presente trabalho foram de 1,92 metros na horizontal e 1,20 metros na vertical, para determinar os deslocamentos dos marcadores. Esses dados foram fornecidos ao programa capturando quadro (*frame*) da imagem com o aparelho de calibração posicionado ao longo da linha de deslocamento dos potros, antes do início de cada dia de filmagem e após a suspeita de alguma alteração na posição da câmera (Figura 30), pois, a partir do momento da calibração, não foi permitido qualquer alteração de posicionamento da câmera. Em caso dessa ocorrência, realiza-se nova calibração (CLAYTON & SCHAMHARDT, 2001).



Figura 29. Aparato de filmagem: câmera *Basler A602fc*® e o aplicativo *Simi Reality Motion Systems*®

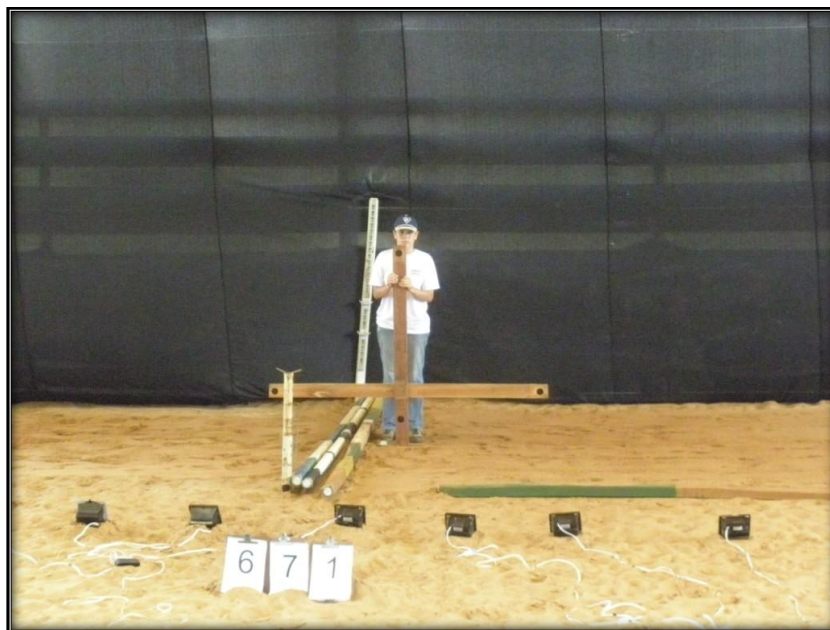


Figura 30. Aparelho de calibração

Após a calibração do programa era realizada a digitalização das imagens capturadas, que consistiu no processamento das coordenadas dos marcadores fixados nos potros para obtenção das variáveis cinemáticas. As imagens foram analisadas no modo *2D Still Mode*, que fornece os resultados das medidas lineares e angulares em determinado momento do movimento (Figura 31). Para determinar a altura máxima da cernelha durante a fase de vôo foi utilizado o modo *2D Tracking* que consiste na análise da imagem durante o movimento (Figura 32), fornecendo um gráfico de deslocamento do marcador fixado na porção dorsal superior na cartilagem da escápula (ponto 3, Figura 33). A partir desse gráfico foi possível visualizar o momento no qual esse ponto estava na altura máxima durante a fase de vôo. Na Figura 33, esse momento foi aos 1,361s de filmagem. A partir dessa informação, retornava-se para o modo *2D Still Mode* e realizava a mensuração da altura máxima da cernelha e o deslocamento desse ponto em relação ao obstáculo no momento de filmagem obtido previamente.

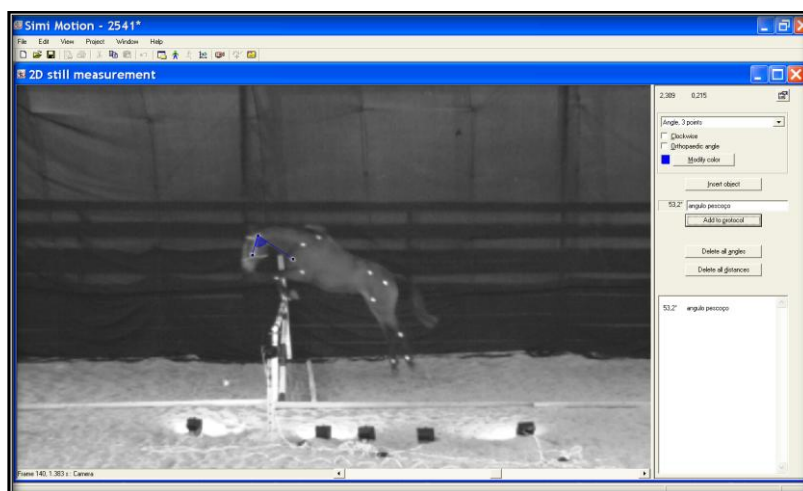


Figura 31. Interface do aplicativo *Simi Reality Motion Systems*® no modo *2D Still Mode*

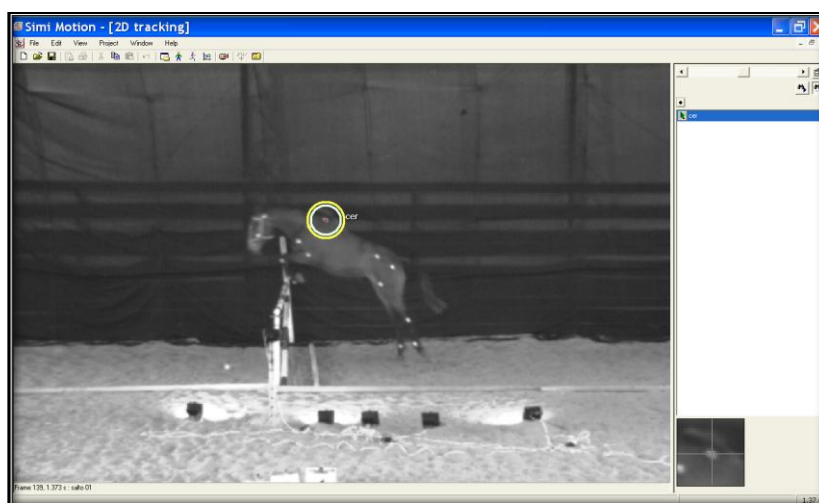


Figura 32. Interface do aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®] no modo *2D Tracking*

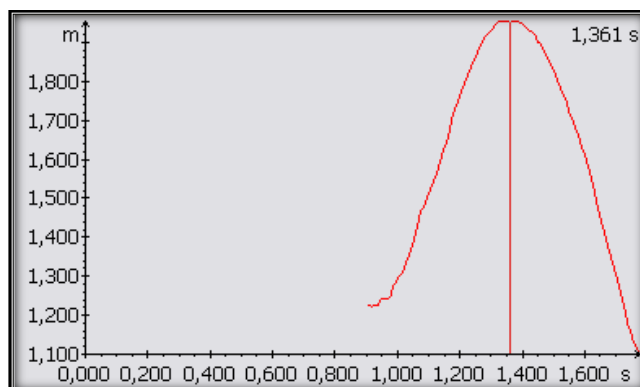


Figura 33. Gráfico do deslocamento do marcador na cartilagem da cernelha fornecido pelo aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®] no modo *2D Tracking*

As análises descritivas dos dados foram realizadas utilizando os procedimentos incluídos no programa *Statistical Analysis System*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação das mensurações do peso corpóreo e das características lineares, angulares e de perímetros dos potros em estação nos três momentos de avaliação estão apresentados na Tabela 1 e 2.

Durante as avaliações, os potros ainda estavam em período de crescimento, como pode ser observada pelos valores crescentes da altura na cernelha, altura na garupa, e nos comprimentos do corpo, do antebraço e da perna. No período de avaliação, houve crescimento de nove centímetros na altura na cernelha; oito centímetros na altura na garupa e no comprimento do corpo; cinco centímetros na distância escápula-boleto e nos comprimentos do pescoço e da perna; e dois centímetros no comprimento do antebraço. Enquanto que os comprimentos da canela e da quartela dos membros torácico e pélvico não apresentaram alterações no período de avaliação. A canela do membro pélvico apresentou-se sete centímetros mais compridos, na média, em relação à canela do membro torácico. Os comprimentos das quartelas do membro torácico e pélvico foram semelhantes, 12 cm. Os potros apresentaram o mesmo valor de alturas na cernelha e na garupa, exceto no primeiro momento de avaliação, aos 22-25 meses de idade, quando a altura na garupa apresentou um centímetro a mais que a altura na cernelha.

Os valores dos ângulos úmero-radial, metacarpo-falangeano, femoro-tibial, tíbio-tarso-metatarsiano aumentaram com o aumento da idade, sugerindo maior angulação com o aumento da idade. Porém, foi observado que os ângulos da cabeça, pescoço, coxo-femoral, metatarso-falangeano, escápulo-solo e coxo-solo apresentaram irregularidade nos valores entre os momentos de avaliação, ora com aumento, ora com redução das angulações. Essa irregularidade nos valores das variáveis angulares também foi observado em estudos com potros da raça Mangalarga Marchador utilizando o artrogoniômetro (CABRAL et al., 2004b), o que pode ser atribuído ao crescimento corporal.

A instabilidade das características mensuradas, representada pelo coeficiente de variação (CV), variou de 1,43 a 21,19%. Esses valores estão dentro do padrão estabelecido por SAMPAIO (2002), que cita que em experimentos com animais, de acordo com a característica da variável, o CV oscila de 20 a 30%. E, PINTO (2003) observou coeficiente de variação entre 2,59 a 17,50% para as características lineares e angulares de potros da raça Mangalarga Marchador do nascimento aos 12 meses de idade.

O ângulo escápulo-umeral apresentou menor valor quando os potros apresentaram de 36-39 meses de idade, de 107,2°. Esse ângulo é importante durante o salto de obstáculo, pois influencia na báscula do pescoço e no recolhimento dos membros torácicos durante o salto de obstáculo, uma vez que as partes anatômicas envolvidas estão diretamente conectadas, e durante a aterrissagem para a absorção do impacto.

SILVA (2009) avaliando potros oriundos do mesmo criatório aos quatro anos de idade também verificou a importância dessa angulação ao constatar que foi a única variável angular que apresentou diferença significativa entre os grupos de equinos considerados melhores e piores saltadores, com valores de 92,17 e 95,75°, respectivamente. SCHLUP (2010), avaliando equinos da raça Brasileiro de Hipismo antes e após cinco meses de treinamento na

modalidade de salto, verificou que a angulação escápulo-umeral foi a que apresentou maior influência do treinamento. TORRES & JARDIM (1987) citam que o menor ângulo escápulo-umeral favorece amplitude dos movimentos, porém o membro torácico não se eleva muito, enquanto o maior valor desse ângulo é favorável a andamentos menos alongados, porém fortes e altos.

Na raça Brasileiro de Hipismo, o julgamento para aprovação de garanhões ocorre aos cinco anos de idade quando é realizado seguindo um sistema de pontuação comparando-se cada animal com o protótipo ideal do moderno cavalo de hipismo (pontuação 10). Também há o emprego de medidas morfológicas utilizando instrumentos manuais, como altura na cernelha, perímetro torácico e perímetro da canela, assim como análise visual da locomoção e do salto de obstáculos (REGULAMENTO, 2012).

SILVA (2006) avaliando equinos de diferentes raças Brasileiro de Hipismo, PSI e mestiços observou que das medidas lineares avaliadas, apenas comprimento da cabeça diferiu significativamente entre machos e fêmeas, com valores de 65,71 e 64,93cm, respectivamente.

Os índices foram calculados e os potros classificados em mediolíneos e hipermétricos, respectivamente pelos índices Corporal e Dáctilo-torácico. Na avaliação da relação entre a altura na cernelha e o comprimento corporal verificou-se que, em todos os momentos de avaliação, os potros são ligeiramente mais compridos que altos, com valores dessa relação de $0,97 \pm 0,10$; $0,97 \pm 0,03$ e $0,98 \pm 0,03$ quando os animais apresentavam 22-25; 29-32 e 36-39 meses de idade, respectivamente.

O índice de carga na canela aumentou com a idade, pois os potros aos 36-39 meses de idade estavam mais pesados que aos 22-25 meses de idade, de 5,30 e 5,05, respectivamente. OOM & FERREIRA (1987) citam que valores muito baixos de ICC correspondem a equinos com membros fracos, eventualmente insuficientes para se locomoverem com eficácia, comprometendo a aptidão motriz para qualquer utilização. Em equinos da raça Mangalarga Marchador foi observado ICC de 26,18 ao nascimento até 4,16 na idade adulta, essa variação é explicada pelo ganho de massa corporal, em contraposição à pequena variação do perímetro da canela (CABRAL et al., 2004a). Neste trabalho, os perímetros do antebraço e da canela aumentaram um centímetro em cada avaliação, porém os perímetros torácicos e do joelho aumentaram somente até 29-32 meses de idade.

O conhecimento das medidas morfométricas dos potros se faz necessário para acompanhar o desenvolvimento destes animais visando evitar sub ou super crescimento e ganhos compensatórios. O uso de câmera digital e programas de análise digital mostraram-se eficiente ferramenta na avaliação de potros, sendo necessários apenas alguns segundos com o potro em estação para que se realizassem todas as mensurações com precisão.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros em estação

Características	Primeiro momento de avaliação ¹				Segundo momento de avaliação				Terceiro momento de avaliação			
	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Altura na cernelha	1,50	1,34	1,72	4,75	1,57	1,42	1,72	4,17	1,59	1,42	1,73	4,66
Altura na garupa	1,51	1,35	1,70	5,06	1,57	1,42	1,75	4,19	1,59	1,42	1,99	4,87
Comprimento pescoço	0,59	0,50	0,71	6,70	0,63	0,55	0,71	6,32	0,64	0,57	0,95	8,21
Distância escápula-boleto	0,93	0,83	1,06	4,66	0,98	0,68	1,06	5,51	0,97	0,60	1,21	6,61
Comprimento antebrço	0,42	0,35	0,51	6,35	0,43	0,38	0,49	5,39	0,44	0,38	0,51	6,21
Comprimento canela torc.*	0,29	0,23	0,34	7,15	0,30	0,26	0,36	6,45	0,29	0,21	0,37	7,00
Comprimento quart. torc.*	0,13	0,10	0,15	8,44	0,12	0,10	0,14	8,27	0,12	0,09	0,16	8,84
Comprimento perna	0,49	0,39	0,64	10,62	0,53	0,44	0,66	7,75	0,54	0,47	0,63	7,75
Comprimento canela plv.*	0,37	0,30	0,43	7,64	0,37	0,31	0,43	6,43	0,36	0,29	0,45	6,89
Comprimento quart. plv.*	0,13	0,10	0,16	9,98	0,12	0,10	0,15	8,08	0,12	0,10	0,14	9,15
Ângulo da cabeça	71,9	54,1	89,4	9,89	72,5	57,9	93,3	8,47	70,0	57,0	84,4	7,43
Ângulo do pescoço	86,2	65,2	103,6	7,94	88,6	72,9	104,8	7,14	87,8	73,8	102,7	7,54
Ângulo escápulo-umeral	108,5	96,5	129,0	5,99	108,5	99,9	124,5	5,35	107,2	97,9	120,9	4,51
Ângulo úmero-radial	146,3	128,2	162,5	4,27	145,7	131,8	160,2	3,95	144,0	133,0	155,3	3,58
Ângulo rad-carp-met*	182,6	173,7	189,0	1,43	182,4	177,3	192,9	1,49	182,6	175,5	188,9	1,45
Ângulo metcarp-falg*	131,9	117,0	147,9	4,51	140,1	128,5	160,5	4,54	139,4	122,2	156,0	4,85
Ângulo coxo-femoral	79,3	65,4	99,9	9,69	85,1	66,5	99,2	8,45	83,2	64,7	104,8	10,54
Ângulo femoro- tibial	115,6	95,8	137,5	7,45	122,5	95,4	138,6	6,80	120,7	104,3	147,3	6,51
Ângulo túb-tars-metat*	152,8	132,2	161,5	2,82	154,2	144,5	163,9	2,23	155,5	148,0	165,0	2,35
Ângulo metatars-fal*	138,9	127,3	155,0	4,24	145,7	132,4	158,3	3,98	142,8	126,1	162,1	4,98
Ângulo escápulo-solo	59,0	51,3	72,3	6,48	58,7	50,7	68,8	6,54	59,7	48,0	70,2	7,26
Ângulo coxo-solo	22,9	11,5	36,0	18,90	25,6	13,4	38,9	18,58	24,4	12,9	35,9	21,19

1. Número total de potros no 1º, 2º e 3º momento de avaliação nas características lineares 82; 78 e 73, respectivamente, e nas características angulares 78; 75 e 68, respectivamente. * quart. = quartela; torc. = torácica; plv. = pélvica; ângulo rad-carp-met = ângulo rádio-carpo-metacarpiano; ângulo metcarp-falg = ângulo metacarpo-falangeano; ângulo túb-tars-metat = ângulo túbio- tarso-metatarsiano; ângulo metatars-fal = ângulo metatarso- falangeando.

Tabela 2 – Mensurações utilizadas para estimativas dos índices morfométricos dos potros

Características	Momento de avaliação		
	Primeiro	Segundo	Terceiro
Peso corporal (kg)	412,00±38,84	461,00±39,61	461,00±33,17
Comprimento do corpo (m)	1,54±0,09	1,62±0,07	1,62±0,09
Perímetro torácico (m)	1,74±0,06	1,82±0,06	1,82±0,05
Perímetro do antebraço (cm)	34,00±1,83	35,00±2,17	36,00±2,06
Perímetro da canela (cm)	20,00±0,99	21,00±0,99	22,00±1,19
Perímetro do joelho (cm)	33,00±1,70	34,00±1,73	34,00±1,99
Índice Corporal (IC)	88,57±4,36	89,52±3,94	88,04±4,73
Índice Dáctilo-Torácico (IDT)	11,80±0,49	11,41±0,48	11,98±0,57
Índice Carga na Canela (ICC)	5,05±0,35	4,56±0,35	5,30±0,31

O obstáculo de referência posicionado antes do obstáculo vertical é prática recomendada e utilizada tanto durante os treinamentos como nas pesquisas, principalmente em se tratando de equinos inexperientes, visando ajudar os potros a encontrar as distâncias e velocidades corretas para ultrapassar o obstáculo principal com segurança (POWERS & HARRISON, 2000; BOBBERT & SANTAMARÍA, 2005; SANTAMARÍA et al., 2006; LEWCZUK et al., 2006; SCHLUP, 2006; LEWCZUK, 2008 e SCHLUP, 2010).

O material utilizado na estruturação dos obstáculos foi similar aos utilizados em Provas de Salto e estabelecido pela CHB (2011), que impõe que o obstáculo em si e os elementos que o compõem devem ser estruturados de tal forma que possam ser derrubados, porém, não podem ser leves demais, caindo ao menor toque, nem pesados a ponto de provocar a queda ou o ferimento do cavalo.

A utilização do obstáculo principal vertical com alturas diferentes nos três momentos de avaliação foi necessária visando aumentar o desafio para o potro, de acordo com o seu desenvolvimento. Por se tratarem de equinos jovens, no primeiro momento de coleta de dados com apenas dois anos de idade, e devido ao fato dos animais não terem sido submetidos a nenhum tipo de treinamento, não havia a possibilidade de utilizar a altura de 1,05 metros nos três momentos de avaliação. Assim, optou-se por utilizar os valores das alturas do obstáculo de forma crescente nas avaliações. Essas alturas foram escolhidas juntamente com um profissional qualificado em treinamento de potros para Provas de Saltos, para garantir que todos os potros, incluindo os que não apresentassem nenhuma característica inata para o salto, pudessem saltar com pouca dificuldade. Devido ao fato dos potros estarem em sistema de criação extensivo e visando evitar a fadiga dos animais, o número de tentativas de saltos foi limitado a cinco. Estudos utilizando alturas diferentes do obstáculo para cada idade ou até mesmo protocolos de avaliação diferentes são empregados nesse tipo de avaliação (SANTAMARÍA et al., 2004; BOBBERT et al., 2005; SANTAMARÍA et al., 2006; LEWCZUK, 2007).

A definição do momento de mensuração das características inerentes ao potro buscou identificar o momento que caracteriza o sucesso ou insucesso do salto, sem ou com o derrube do obstáculo com os membros torácicos ou pélvicos. Desse modo foi possível descrever e

comparar a biomecânica dos segmentos torácicos e pélvicos dos equinos quando ultrapassavam a vara do obstáculo com sucesso ou não. Essa metodologia foi utilizada por SANTAMARÍA et al. (2004); BOBBERT et al. (2005); SCHLUP (2006); SANTAMARÍA et al. (2006); LEWCZUK (2007); SCHLUP (2010).

Os valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação das características de desempenho e das características inerente aos potros, em cada momento de avaliação, nos saltos sobre obstáculo com sucesso e com insucesso estão apresentadas nas Tabelas 2, 3 e 4.

As características de desempenho amplitude e velocidade da passada anterior ao obstáculo e distância da batida são variáveis de preparação para o salto, que variam de acordo com o tipo e a altura do obstáculo. No salto com sucesso, no primeiro momento de avaliação essas características apresentaram valores médios de 2,60 m; 5,32 m/s e 1,17 m, respectivamente, quando a altura do obstáculo foi de 0,60 m. Já no terceiro momento de avaliação, os valores foram 2,81m; 5,95 m/s e 1,52 m, respectivamente. A distância da batida apresentou os maiores valores de coeficiente de variação nos três momentos. Estas três características irão permitir aos equinos ajustar a distância para a decolagem e a velocidade adequada para ultrapassar o obstáculo. Quando há equívocos nessas características a probabilidade de ocorrer falta é grande. Mesmo utilizando o obstáculo de referência, os potros ainda necessitavam de ajustes na amplitude e na velocidade da passada anterior que influenciam diretamente a distância da batida que, por sua vez, influenciaram as demais características de desempenho e até mesmo as características inerentes ao potro. Em saltos montados, a amplitude e velocidade da passada anterior ao obstáculo e distância da batida podem ser ajustadas de acordo com a experiência do cavaleiro.

A amplitude e a velocidade da passada sobre o obstáculo e a distância da recepção são características de desempenho que também são influenciadas pelo tipo e altura do obstáculo. Essas características podem ser consideradas consequência das características de desempenho citadas anteriormente, pois, uma maior ou menor distância da batida irá consequentemente influenciar nos seus valores. A distância da recepção e a amplitude da passada sobre o obstáculo são variáveis que caracterizam a aterrissagem do equino, dos membros torácicos e pélvicos, respectivamente, e o início de um novo galope. A aterrissagem ou “retomada” como é conhecida no meio hípico é uma importante fase do salto, especialmente durante as Provas de Salto, nas quais os obstáculos são em sequência, em razão da instabilidade do movimento para a retomada ao galope. SCHLUP (2006) observou valores para distância da recepção e amplitude da passada sobre o obstáculo de 1,23 e 4,56 m, respectivamente, em obstáculo Vertical de 1,00 m de altura e de 1,72 e 5,01 m, respectivamente, em obstáculo Oxer com alturas de entrada e saída de 1,00 e 1,20 metros, respectivamente, e 1,00 metro de largura.

Tabela 3 – Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros no salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação

Características	Salto com sucesso (n=446)				Salto com insucesso (n=79)			
	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Amplitude da passada anterior ao obstáculo (m)	2,60	1,45	3,59	11,06	2,77	2,03	3,46	10,71
Velocidade da passada anterior ao obstáculo (m/s)	5,32	3,05	7,39	12,97	5,95	3,31	7,69	16,25
Amplitude da passada sobre o obstáculo (m)	3,47	1,51	5,05	16,28	3,39	1,50	4,89	19,35
Velocidades da passada sobre o obstáculo (m/s)	5,02	1,86	9,63	21,60	5,61	1,85	8,78	22,88
Distância da batida (m)	1,17	0,36	2,76	27,29	0,85	0,35	2,79	49,80
Distância da recepção (m)	1,36	0,36	2,39	27,06	1,41	0,60	2,48	27,12
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (m)	0,19	0,00	0,55	52,23	0,15	0,00	0,44	73,28
Altura da pinça torácica direita sobre o salto (m)	0,20	0,00	0,64	52,68	0,09	0,00	0,30	97,63
Altura do boleto torácica esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,22	0,03	0,62	45,66	0,16	0,00	0,54	65,60
Altura do boleto torácica direito sobre o obstáculo (m)	0,24	0,01	0,71	41,08	0,16	0,00	0,67	78,63
Altura do boleto pélvico direito sobre o obstáculo (m)	0,29	0,06	0,56	37,53	0,00	0,00	0,52	-
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,24	0,00	0,69	44,21	0,16	0,00	0,56	117,13
Altura máxima da cernelha no salto (m)	1,64	1,38	1,95	5,72	1,56	1,44	1,76	5,96
Deslocamento horizontal da cernelha no salto (m)	0,16	-1,08	0,85	180,36	0,17	-0,44	0,72	161,77
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,33	0,09	0,53	20,26	0,38	0,24	0,48	14,79
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,40	0,20	0,57	15,63	0,41	0,28	0,56	15,04
Distância vertical escápula-boleto (m)	0,52	0,25	0,71	13,06	0,54	0,38	0,71	11,78
Distância vertical soldra-boleto (m)	0,31	0,02	0,50	25,29	0,34	-0,04	0,56	41,23
Ângulo escápulo-umeral A (°)	98,95	78,10	127,80	7,84	102,00	83,90	117,10	6,69
Ângulo escápulo-umeral B (°)	117,20	92,00	150,30	8,55	117,50	105,90	137,60	6,18
Ângulo úmero-radial (°)	74,90	46,60	127,20	21,05	82,20	51,30	138,30	23,17
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano (°)	78,10	42,70	128,80	17,42	80,80	58,10	140,90	17,04
Ângulo do pescoço (°)	48,60	27,60	92,60	17,65	60,40	39,60	72,30	13,62
Ângulo da cabeça (°)	82,40	55,40	114,20	14,27	80,15	59,70	111,10	14,71
Ângulo coxo-femoral (°)	77,00	58,10	132,50	11,28	74,50	51,00	102,70	12,86
Ângulo femoro-tibial (°)	76,60	37,70	120,00	14,33	75,40	47,30	104,30	16,53
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano (°)	114,40	37,70	147,20	15,80	117,95	65,60	150,60	18,07
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvicoc (°)	131,85	97,00	155,30	6,58	138,15	100,50	157,50	9,22

Tabela 4 – Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros no salto de obstáculo no segundo momento de avaliação

Características	Salto com sucesso (n=352)				Salto com insucesso (n=71)			
	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Amplitude da passada anterior ao obstáculo (m)	2,77	1,91	3,67	9,03	2,79	2,29	3,25	8,48
Velocidade da passada anterior ao obstáculo (m/s)	5,41	3,72	6,76	10,44	5,45	2,51	6,76	13,23
Amplitude da passada sobre o obstáculo (m)	3,83	1,34	5,42	15,00	3,80	2,62	4,54	10,98
Velocidades da passada sobre o obstáculo (m/s)	4,67	1,68	9,72	19,66	4,86	2,76	6,39	16,65
Distância da batida (m)	1,51	0,76	2,27	17,24	1,28	0,84	2,67	28,89
Distância da recepção (m)	1,59	0,56	2,73	23,91	1,52	0,68	2,40	29,32
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (m)	0,18	0,00	0,54	60,74	0,11	0,00	0,37	103,43
Altura da pinça torácica direita sobre o obstáculo (m)	0,19	0,00	0,53	59,73	0,09	0,00	0,31	119,92
Altura do boleto torácica esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,22	0,00	0,55	43,67	0,12	0,00	0,38	94,67
Altura do boleto torácica direito sobre o obstáculo (m)	0,23	0,03	0,54	44,07	0,16	0,00	0,32	72,64
Altura do boleto pélvico direito sobre o obstáculo (m)	0,25	0,00	0,70	58,97	0,00	0,00	0,10	-
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,24	0,00	0,59	45,50	0,00	0,00	0,51	-
Altura máxima da cernelha no salto (m)	1,92	1,69	2,20	5,19	1,86	1,63	2,08	4,89
Deslocamento horizontal da cernelha no salto (m)	0,09	-0,86	0,71	229,96	0,15	-0,99	0,60	211,34
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,29	0,10	0,54	24,36	0,32	0,19	0,45	18,07
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,38	0,21	0,60	20,75	0,40	0,22	0,56	17,65
Distância vertical escápula-boleto (m)	0,51	0,19	0,77	14,29	0,52	0,38	0,73	12,14
Distância vertical soldra-boleto (m)	0,27	0,02	0,50	33,59	0,25	-0,07	0,48	47,74
Ângulo escápulo-umeral A (°)	99,70	80,50	119,60	7,49	98,05	85,90	116,40	7,68
Ângulo escápulo-umeral B (°)	114,20	94,20	157,80	9,69	112,05	99,40	154,10	10,87
Ângulo úmero-radial (°)	75,50	46,00	119,60	18,59	74,90	51,70	113,50	22,18
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano (°)	71,75	41,50	124,00	24,14	75,35	45,40	112,80	20,05
Ângulo do pescoço (°)	42,85	23,40	65,50	18,71	44,75	30,10	66,20	18,46
Ângulo da cabeça (°)	84,40	54,50	135,10	15,58	83,45	65,00	119,70	17,45
Ângulo coxo-femoral (°)	79,20	53,50	105,70	10,17	76,85	54,80	103,30	12,07
Ângulo femoro-tibial (°)	74,55	48,10	106,30	13,60	73,40	46,30	98,80	13,56
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano (°)	100,40	43,40	141,90	17,83	99,55	56,70	141,90	23,43
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico (°)	131,65	96,80	159,60	7,02	132,90	94,20	148,90	10,89

Tabela 5 – Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros no salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação

Características de desempenho	Salto com Sucesso (n=269)				Salto com Insucesso (n=131)			
	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Amplitude da passada anterior ao obstáculo (m)	2,81	1,94	3,43	8,94	2,87	1,99	3,45	9,32
Velocidade da passada anterior ao obstáculo (m/s)	5,64	3,95	7,12	9,80	5,74	4,35	7,20	11,48
Amplitude da passada sobre o obstáculo (m)	4,08	2,18	5,90	14,19	4,01	1,62	5,10	17,11
Velocidades da passada sobre o obstáculo (m/s)	4,71	2,35	7,04	17,15	5,06	1,53	6,59	20,49
Distância da batida (m)	1,52	0,97	2,74	14,86	1,38	0,89	1,87	15,90
Distância da recepção (m)	1,79	0,59	3,11	22,35	1,81	0,66	3,07	26,02
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (m)	0,16	0,00	0,50	57,07	0,05	0,00	0,38	166,69
Altura da pinça torácica direita sobre o obstáculo (m)	0,17	0,00	0,45	64,14	0,03	0,00	0,33	278,70
Altura do boleto torácica esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,17	0,00	0,50	48,04	0,07	0,00	0,26	106,71
Altura do boleto torácica direito sobre o obstáculo (m)	0,33	0,00	0,52	36,05	0,00	0,00	0,28	-
Altura do boleto pélvico direito sobre o obstáculo (m)	0,17	0,08	0,43	55,78	0,14	0,00	0,58	108,23
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo (m)	0,22	0,00	0,80	57,38	0,15	0,00	0,61	96,93
Altura máxima da cernelha no salto (m)	2,10	1,72	2,52	5,67	2,04	1,50	2,25	4,97
Deslocamento horizontal da cernelha no salto (m)	0,11	-0,64	0,90	176,28	0,21	-0,34	0,67	91,73
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,30	0,08	0,55	23,64	0,32	0,18	0,56	25,34
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico (m)	0,37	0,19	0,57	19,58	0,38	0,20	0,59	22,90
Distância vertical escápula-boleto (m)	0,51	0,31	0,75	12,77	0,52	0,34	0,78	14,78
Distância vertical soldra-boleto (m)	0,21	-0,2	0,42	46,72	0,24	-0,05	0,52	49,40
Ângulo escápulo-umeral A (°)	98,30	83,2	115,80	6,17	98,05	84,20	114,60	6,02
Ângulo escápulo-umeral B (°)	111,95	94,9	135,30	6,81	111,90	94,20	134,70	6,14
Ângulo úmero-radial (°)	77,90	52,7	129,40	17,85	82,65	53,00	122,80	18,59
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano (°)	71,50	36,6	114,70	22,36	70,90	38,70	115,10	23,93
Ângulo do pescoço (°)	40,30	23,5	62,20	16,62	44,10	24,00	59,20	16,92
Ângulo da cabeça (°)	89,95	55,5	132,60	14,92	87,80	56,50	132,10	16,12
Ângulo coxo-femoral (°)	80,90	59,6	102,40	10,82	79,40	60,20	101,90	11,59
Ângulo femoro-tibial (°)	71,75	53,7	101,00	11,53	72,35	47,30	90,60	11,94
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano (°)	92,70	40,4	135,70	18,29	98,00	49,20	142,80	19,78
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico (°)	135,50	102,6	156,50	6,36	137,80	94,00	156,10	8,40

As características de desempenho amplitudes dos lance anterior e da passada sobre o obstáculo, distâncias da batida e da recepção, altura máxima e deslocamento horizontal da cernelha no salto possibilitam descrever a trajetória do salto, indicando os momentos de decolagem, aterrissagem e altura máxima da parábola do salto, tendo a cernelha como referência. Na literatura, é comumente encontrado que a parábola do salto é realizada utilizando-se como referência o centro de gravidade. Devido às limitações técnicas esse ponto não foi estimado nesse trabalho, sendo escolhido a cernelha (ponto 3) por ser próximo ao centro de gravidade e por indicar a altura máxima que o equino alcança durante a fase de vôo. A característica de desempenho deslocamento horizontal da cernelha no salto apresentou os maiores valores de coeficiente de variação, de 176,28 a 229,96%, exceto nos saltos com insucesso no terceiro momento de avaliação, de 91,73%. Em geral, as características de desempenho foram mais instáveis, com coeficiente de variação de 4,97 a 278,70%, do que as características inerentes aos potros, de 6,02 a 49,40%.

Os ângulos da cabeça e do pescoço estão diretamente relacionados ao movimento de báscula durante a trajetória do salto. A movimentação da cabeça e do pescoço acompanha as fases do salto, citadas anteriormente, o que proporciona maior equilíbrio para o equino, tanto na decolagem quanto na aterrissagem, uma vez que essa região é responsável por aproximadamente 10% do peso total do equino adulto (KUBO et al., 1992; BUCHNER et al., 1997), sendo, então, capaz de deslocar o centro de gravidade do cavalo durante a sua movimentação. No presente trabalho, os valores dos ângulos da cabeça e do pescoço foram similares entre os saltos com sucesso e insucesso, exceto no primeiro momento de avaliação, na qual os equinos que realizaram o salto com sucesso apresentaram valores de 114,20° e 48,60°, respectivamente, e nos saltos com insucesso foram observados valores de 111,10° e 60,40°, respectivamente.

Equinos que apresentam menores valores dos ângulos úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano e das distâncias vertical escápula-boleto, vertical da articulação úmero-radial ao boleto e da articulação úmero-radial ao boleto possuem maiores alturas dos membros torácicos sobre o obstáculo, o que implica em menor possibilidade de derrube do obstáculo. É conhecido que as funções dos membros torácicos dos equinos são suportar o peso, especialmente durante os movimentos, absorver choques e levantar o animal do solo durante o seu deslocamento. Sendo assim, os membros torácicos exercem importante função na decolagem para o salto – levantando o cavalo do solo – e na aterrissagem – absorvendo os impactos, além de propiciaram o derrube ou não do obstáculo, de acordo com as angulações.

Os ângulos escápulo-umeral A e B influenciam na báscula do pescoço e no recolhimento dos membros torácicos, uma vez que as articulações e partes anatômicas envolvidas estão diretamente conectadas, fazendo-se com que o movimento de uma articulação influencie no da outra. Esses ângulos serão de grande importância durante a aterrissagem para a absorção do impacto.

Em relação aos membros pélvicos é desejável que equinos com aptidão para o salto apresentem maiores ângulos coxo-femoral e tíbio-tarso-metatarsiano, porém com menores valores da distância vertical soldra-boleto e do ângulo femoro-tibial, para proporcionar menores possibilidades de derrube do obstáculo. Sabe-se que os membros pélvicos são os responsáveis pela impulsão e devem, portanto, além de possuírem uma boa angulação durante

a preparação e trajetória do salto, serem providos de força muscular para possibilitar ultrapassar o obstáculo.

O ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico é a variável que faz a conexão do segmento torácico com o segmento pélvico e, desse modo, relaciona o movimento da coluna e a altura na qual os membros pélvicos passam sobre o obstáculo durante o salto. Esta característica apresentou valores médios variando de 131,65 a 138,15°, nos três momentos de avaliação. O ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico é considerado pela literatura como um dos parâmetros mais importantes na avaliação dos equinos de Concurso Hípico, sendo desejável o maior valor desse ângulo visando a maior flexão da coluna e levantamento dos membros pélvicos. SANTAMARIA et al. (2006) verificaram diferenças no valor dessa característica entre os melhores e piores equinos de salto aos seis meses de idade, saltando obstáculo de 0,60 m de altura, e com equinos de cinco de idade, saltando obstáculo de 1,15m de altura. Sendo que, os melhores saltadores apresentaram a maior angulação. BOBBERT et al. (2005) também verificaram que os melhores equinos saltando obstáculos de 0,60 cm de altura, aos seis meses, e 1,15m de altura aos cinco anos, apresentaram maiores valores do ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico.

O valor negativo verificado nas Tabelas 2, 3 e 4 é apenas uma codificação, que na característica deslocamento horizontal da cernelha no salto se refere ao fato do potro ter alcançado o ponto mais alto da cernelha antes do obstáculo e o valor positivo, quando o ponto mais alto da cernelha está após o obstáculo. Na característica distância vertical soldra-boleto se refere ao fato do boleto pélvico ter se elevado acima do nível da soldra.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises cinemáticas nos equinos estão bem consolidadas, principalmente em equinos de salto, com número crescente de referências apresentadas em artigos focados em equinos e não apenas com seres humanos ou outros animais, como ocorria no passado.

A utilização do picadeiro foi o local mais apropriado para realizar as filmagens dos potros durante o salto em liberdade. No entanto, não foi possível o controle total da iluminação, devido ao fato do local de não ser totalmente fechado, gerando perdas na qualidade das imagens. Assim sendo, os dias nublados propiciaram melhores condições ambientais para o controle da iluminação.

O uso de marcadores confeccionados com material reflexivo foi suficiente para realizar a digitalização manual das imagens capturadas. Mas há meios de melhorar a acurácia dos dados. Como exemplo, em experimentos inseridos nas atividades do Núcleo de Genética Equídea da EV/UFG, com animais de pequeno porte (gatos e cachorros), o processamento das imagens foi mais eficiente devido ao fato da utilização de marcadores ativos, ou seja, que emitem luz, sem interferir na locomoção do animal, além da realização das filmagens em local completamente fechado.

Não foi possível aumentar a frequência da captura de imagens da câmera, devido ao fato do local utilizado não permitir total controle das condições de iluminação. Pois, maiores frequências de filmagens necessitam de condições de iluminação mais exigentes.

Os cuidados com a padronização do ambiente de filmagem e com a calibração do sistema permitiram desenvolver avaliações longitudinal com alta precisão.

A utilização de equinos do Exército Brasileiro, nascidos e criados na Coudelaria do Rincão, é explicada por ser um local ímpar na quantidade e qualidade de potros nascidos por ano, pela acessibilidade das informações zootécnicas e pela possibilidade do acompanhamento dos animais em idades adultas.

Os potros avaliados, dos 22 aos 39 meses de idade, apresentaram maior desenvolvimento das medidas lineares altura na cernelha, altura na garupa e comprimento do corpo e foram classificados em mediolíneos e hipermétricos pelos Índices Corporal e Dáctilo-torácico, respectivamente.

O conhecimento das características de desempenho e das características inerentes ao potro visa descrever quantitativamente o desempenho dos equinos durante o salto de obstáculo, propiciando a execução de análises como de correlação, de repetibilidade, de herdabilidade, entre outras. De posse destes resultados é possível desenvolver banco de dados para aprimorar a escolha dos animais com qualidades inatas para o salto ainda jovens, quando o preço de compra tende a ser mais acessível e possibilitando a economia de tempo e de recursos financeiros para o treinamento.

5. REFERÊNCIAS

- ALLEN, L.; DENNIS, D. *101 Jumping Exercises for horse and rider*. Interglobe, 2002. 174p.
- BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. *Equine Exercise Physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Saunders, p.143-168, 2008.
- BARREY, E. Methods, Applications and Limitations of Gait Analysis in Horses. *The Veterinary Journal*, v.157, p.7-22, 1999.
- BASLER – Câmeras Basler. Disponível em: <http://www.baslerweb.com>. Acesso em: 27/11/11.
- BOBBERT, M.; SANTAMARÍA, S.; Van WEEREN, P.R. et al. Can jumping capacity of adult show jumping horses be predicted on the basis of sub maximal free jumps at foal age? A longitudinal study. *The Veterinary Journal*, v.170, p.212-221, 2005.
- BUCHNER, H.H.F.; SAVELBERG, H.H.CM.; SCHAMHARDT, H.C. et al. Inertial properties of Dutch Warmblood horses. *Journal Biomechanics*, v.30, n.6, p.653-658, 1997.
- CABRAL, G.C.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. et al. Avaliação morfométrica de equinos da raça Mangalarga Marchador: Índices de Conformação e Proporções Corporais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1798-1805, 2004a.
- CABRAL, G.C.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. et al. Avaliação Morfométrica de Equinos da Raça Mangalarga Marchador: Medidas Angulares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1790-1797. 2004b.
- CBH – Confederação Brasileira de Hipismo. Regulamento de Salto. Disponível em: [http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011\(1\).pdf](http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011(1).pdf). Acesso em: 12/12/2011.
- CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement Techniques for Gait Analysis. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders, p.55-76, 2001.
- FREDRICSON, I.; DREVEMO, S. A new method of investigating equine locomotion. *Equine Veterinary Journal*, v.3, n.4, p. 137-140, 1971.
- KUBO, K.; SAKAI, T.; SAKURAOKA, H. et al. Segmental body weight, volume and mass center in Thoroughbred horses. *Japanese Journal of Equine Science*, v.3, n.2, p.149-155, 1992.
- LEWCZUK, D.; SLONIEWSKI, Z.; REKLEWSKI, Z. Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider. *Livestock Science*, n.99, p.125-130, 2006.
- OOM, M.M.; FERREIRA, J.C. Estudo biométrico do cavalo Alter. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, v.83, n.482, p.101-148, 1987.

PINTO, L.F.B.; ALMEIDA, F.Q.; QUIRINO, C.R. et al. Evaluation of the sexual dimorphism in Mangalarga Marchador horses using discriminant analysis. *Livestock Science*, v.119, p.161–166, 2008.

PINTO, L.F.B. *Análise Multivariada das Medidas Morfométricas de Equinos da Raça Mangalarga Marchador*. 2003. 136f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Zootecnia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

REGULAMENTO para *Aprovação de Reprodutores para a Formação da Raça Brasileira de Hipismo*. Disponível em: http://www.brasileirodehipismo.com.br/upload/arquivos/REGULAMENTO_STUDBOOK_FINAL_2011.pdf. Acesso em: 14/12/2011.

SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 2.ed. Belo Horizonte:FEPMVZ, 2002. 265p

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.F.; BACK, W. et al. Can early training of show jumpers bias outcome of selection events? *Livestock Science*, v.102, p.163-170, 2006.

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.F.; BACK, W. et al. Effect of early training on the jumping technique of horses. *American Journal Veterinary Research*, v.66, n.3, p.418-424, 2005.

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.E.; BACK, W. et al. Evaluation of consistency of jumping technique in horses between the ages of 6 months and 4 years. *American Journal Veterinary Research*, v.65, n.7, p.945-950, 2004.

SANTAMARIA, S.; BACK, W.; van WEEREN, P.R. et al. Jumping characteristics of naive foals: lead changes and description of temporal and linear parameters. *Equine Veterinary Journal*, v.34, p.302-307, 2002.

SCHLUP, E. *Cinemática do Salto de Equinos de Iniciação Esportiva na Escola de Equitação do Exército*. 2010. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHLUP, E. *Estudo da trajetória de salto dos cavalos da Escola de Equitação do Exército*. 2006, 68 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro.

SILVA, C.E.L.A. *Parâmetros morfológicos de equinos novos em estação e durante o salto na Escola de equitação do exército*. 2009. 58 f. (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro, 2009.

SIMI, REALITY MOTION SYSTEMS. Disponível em: Acesso em: <http://www.simi.de>. Acesso em: 27/11/11.

Van WEEREN, P.R. History of Locomotor Research. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders Co., p.01-35, 2001.

CAPÍTULO 2. REPETIBILIDADE DE VARIÁVEIS ASSOCIADAS AO DESEMPENHO DE EQUINO NO SALTO

RESUMO

Objetivou-se estimar a repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros no salto de obstáculo, em três momentos distintos. Foram avaliados 1.077 saltos em liberdade de 108 potros. Os pontos anatômicos de referência para a avaliação das características de desempenho foram realçados com 19 marcadores reflexivos. Foram utilizados apenas saltos com sucesso no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura aos dois, dois e meio e três anos de idade, respectivamente. As imagens foram capturadas com câmera com frequência de aquisição de 100Hz e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®]. Os valores das estimativas de repetibilidade nos três momentos de avaliação variaram de 0,18 a 0,89, sendo o menor valor observado no ângulo rádio-carpo-metacarpiano aos dois anos de idade e, maiores valores das estimativas nos ângulos escápulo-umeral B e coxo-femoral aos dois e meio e três anos de idade. A altura do membro torácico sobre o obstáculo apresentou maiores valor de repetibilidade no primeiro momento de avaliação e menor valor na terceira avaliação. A altura do membro pélvico sobre o obstáculo apresentou comportamento contrário, com maiores estimativas na última avaliação. Observou-se que os valores das estimativas de repetibilidade foram menores no primeiro momento de avaliação, quando os potros eram mais jovens e a altura do obstáculo era menor, e mais elevadas no último momento de avaliação, quando os potros já haviam realizado o protocolo experimental e a altura do obstáculo era maior. Dentre as características analisadas, as maiores estimativas de repetibilidade, em média, foram observadas para as características inerentes ao potro, principalmente àquelas mensuradas na região do tronco. Os ângulos escápulo-umeral e coxo-femoral, velocidade da passada sobre o obstáculo, deslocamento horizontal da cernelha no salto e distância da recepção necessitam de menor número de saltos no auxílio à seleção de potros na modalidade salto.

Palavras-chave: cinemática, potros, hipismo, salto

CAPTER 2. REPEATABILITY VALUES OF VARIABLES ASSOCIATED TO THE PERFORMANCE OF HORSES AT JUMPING

ABSTRACT

This study was carried out to estimate the repeatability values of variables associated with performance of yearlings at jumping at three different times. Free jumps of 108 yearlings (n=1,077) were evaluated. Anatomical points were highlighted with 19 reflective markers. The yearlings were filmed in station and during five jumps of vertical fence with 0.60, 0.80 and 1.05 meters higher, at the 22-25, 23-32 and 36-39 months of age, respectively. The images were obtained with camera acquisition frequency of 100 Hz and analyzed with Simi Reality Motion Systems®. The estimative of repeatability of the three evaluation periods ranged from 0.18 to 0.89, the lowest value observed in the angle of radio-carpal-metacarpal to two years old and the largest estimative observed in the scapula-humerus B angle, hip angle and two and a half and three years old. The heights of the forelimb over the fence showed higher repeatability at first assessment and lowest values in the third assessment. Since the height of the hind limb over the fence showed opposite behavior, with higher estimates in the last assessment. It was observed that the estimative of repeatability was lower in the first evaluation when the yearlings were younger and fence height was lower and higher at the last evaluation when the yearlings had performed the experimental protocol and fence height was greater. Among the characteristics, the highest repeatability estimative, on average, was observed in the inherent characteristics of the yearling, especially those measured at the trunk. The scapula-humerus angle and hip angle, velocity of stride over the fence, horizontal withers displacement in jump and landing distance require less number of jumps to assist in the selection of jumping yearlings.

Keywords: biomechanics, equestrian sports, free jumping, horses, locomotion.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem o quarto maior de rebanho equino do mundo, com cerca de 5,6 milhões de animais (FAO, 2011). O agronegócio equino movimenta cerca de R\$ 7,5 bilhões e gera próximo a 3,2 milhões de empregos diretos. Neste complexo agropecuário, o segmento de cavalos utilizados em diversas atividades esportivas movimenta valores da ordem de R\$ 705 milhões e emprega cerca de 20,5 mil trabalhadores, com a participação estimada de 50 mil atletas. Quanto aos equinos de uso militar, estima-se que o Exército Brasileiro e as Polícias Militares possuam 6.300 animais, movimentando próximo a R\$ 170 milhões (LIMA et al., 2006). Mesmo com todo esse potencial, o Brasil ainda não possui uma base sólida no melhoramento de equídeos, sendo necessário para isso, primeiramente, a formação de banco de dados e a estimação de parâmetros genéticos. Um dos parâmetros genéticos necessários para orientar os programas de melhoramento visando o desempenho nos Concursos Hípicos é a repetibilidade.

A variância causada pelo ambiente temporário ou variância dentro de indivíduos é proveniente de circunstâncias temporárias ou localizadas e o termo variância de meio permanente que é relativo à variância de ambiente entre indivíduos que é proveniente de circunstâncias permanentes ou não localizadas. A divisão do componente entre indivíduos, pela variância fenotípica total quantifica a correlação (r) entre as medidas repetidas de uma variável no mesmo indivíduo, sendo é conhecida com repetibilidade da característica. A repetibilidade expressa a proporção da variância de medidas simples, que é causada pelas diferenças permanentes ou não, localizadas entre indivíduos, tanto genética como de ambiente (FALCONER, 1987).

A repetibilidade é usualmente mais fácil de ser determinada do que a herdabilidade e pode ser frequentemente conhecida quando essa não o é. Aquela medida estabelece o limite superior para o cálculo dessa medida, tanto no sentido restrito como amplo. Desse modo, os valores para a repetibilidade são sempre maiores do que a herdabilidade, devido ao fato de que a repetibilidade inclui, além dos efeitos aditivos dos genes, os efeitos não aditivos e diferenças de ambiente permanente existente entre os indivíduos de um mesmo grupo (PEREIRA, 2008).

A estimativa de repetibilidade é útil como auxílio na previsão de futuras produções de um animal com base na produção atual, comumente utilizado para selecionar animais para permanecer no plantel de acordo com a primeira produção (PEREIRA, 2008). Desse modo, esse parâmetro também pode ser utilizado para seleção de potros de acordo com o desempenho durante o salto de obstáculo.

As características definidas como de desempenho e inerentes ao potro, segundo GODOI et al. (2012), podem ser utilizadas para classificar os equinos em melhores ou piores saltadores, verificar o efeito do treinamento e potencializar o mesmo, além de se mostrarem como um recurso quantitativo para o aprimoramento de banco de dados para o melhoramento de equinos de salto no Brasil. Porém, existem poucos trabalhos nacionais que utilizam a técnica da cinemática para a avaliação dos equinos de Salto, como SCHLUP (2006); SILVA (2009); SCHLUP (2010) e BURITY (2010), sendo todos eles inseridos nas atividades do

Núcleo de Genética Equídea da EV/UFMG. Todavia, ainda não se sabe se o potro, sem treinamento, consegue repetir a biomecânica de salto em diferentes momentos.

Na literatura internacional consultada, há apenas um trabalho (LEWCZUK et al., 2006), no qual os autores avaliaram a repetibilidade das características dos equinos no salto em liberdade e montado, durante o treinamento para o teste de jovens garanhões (*Performance test for young halfbreed stallions*). Esse experimento foi realizado durante três anos e utilizando três diferentes alturas de obstáculos Oxer, de 1,00; 1,10 e 1,20 metros, todos com 0,90 metros de largura (LEWCZUK et al., 2006). O Oxer é um obstáculo que é constituído de dois elementos dispostos em ordem crescente, com uma largura definida, para serem transpostos pelos equinos em um único salto. Esse obstáculo obriga os cavalos a executar uma trajetória de salto mais alongada do que no obstáculo vertical. LEWCZUK et al. (2006) verificaram maiores valores de repetibilidade das características dos equinos durante os saltos sobre o obstáculo de maior altura e quando montados.

Objetivou-se com esse trabalho estimar a repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros durante o salto de obstáculo, em três momentos distintos, aos dois, dois e meio e três anos de idade.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados 108 potros da raça Brasileiro de Hipismo e seus mestiços sem nenhum tipo de treinamento, de ambos os sexos, filhos de 13 garanhões, pertencentes ao Exército Brasileiro, criados de maneira uniforme na Coudelaria de Rincão, São Borja, Rio Grande do Sul.

Pontos anatômicos, considerados como referência para a avaliação das características de desempenho foram realçados com 19 marcadores esféricos e reflexivos, em procedimento adaptado de CLAYTON; SCHAMHARDT (2001) e LEWCZUK et al. (2006), descritos em GODOI et al. (2012a).

Os mesmos animais foram filmados em estação e em cinco tentativas, consecutivas, de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura aos 22-25 (n = 105), aos 29-32 (n = 84) e aos 36-39 (n = 79) meses de idade, respectivamente, conforme protocolo descrito por GODOI et al. (2012). As imagens foram capturadas utilizando câmera *Basler A602fc*[®] com frequência de aquisição de 100Hz (BASLER, 2011) e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®] 4.7, 3D (SIMI, 2011).

Somente os dados obtidos dos saltos executados com sucesso segundo a CBH (2011) foram considerados. Dessa forma, do total de 1.348 saltos filmados ao longo do experimento, foram utilizados 1.077 saltos em liberdade.

As características de desempenho avaliadas foram: amplitudes e velocidades das passadas anterior e sobre o obstáculo; as distâncias da batida e da recepção; altura máxima e deslocamento horizontal da cernelha no salto e alturas dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo. Além dessas variáveis, foram obtidas as seguintes mensurações no momento em que o boleto torácico ou pélvico passava sobre o obstáculo, denominadas características inerentes aos potros: ângulos escápulo-umeral A e B, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, da cabeça, do pescoço, cernelha-garupa-boleto-pélvico, coxo-femoral, femoro-tibial e tibio-tarso-metatarsiano e distâncias escápula-boleto, vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico; da articulação úmero-radial ao boleto torácico e vertical soldra-boleto (GODOI et al., 2012).

Os componentes de variância necessários para estimação da repetibilidade foram obtidos pelo método da máxima verossimilhança restrita utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + E_i + b_i(x_{ij} - \bar{x}_i) + P_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

γ_{ijkl} = é a variável y mensurada no momento de avaliação i, em um animal de idade j, de identificação k e no salto l;

μ = é uma constante geral presente em todas as observações;

b_i = é o coeficiente de regressão linear que ajusta o efeito da idade j do animal no momento de avaliação i, ou seja, serve para modelar o efeito da idade aninhado em cada momento de avaliação i;

x_{ij} = é a idade j no momento de avaliação i;

$\bar{x}_i$ = é a média das idades no momento de avaliação i ;

P_k = é o efeito aleatório do potro k ;

ε_{ijml} = é o erro aleatório associado a cada observação.

As estimativas de repetibilidade também foram calculadas com os dados obtidos nos momentos 1 e 2, 1 e 3 e 2 e 3 e, também, considerando-se os dados obtidos em cada momento de avaliação separadamente. Neste último caso, o modelo estatístico foi semelhante ao anterior, excluindo-se o efeito do momento de avaliação e o aninhamento do efeito de idade.

Após essas análises, a repetibilidade de cada característica foi obtida por meio da equação:

$$r = \frac{\sigma_{potro}^2}{\sigma_{potro}^2 + \sigma_e^2}$$

Em que:

r = é a repetibilidade;

σ_{potro}^2 = é a variância associada ao efeito de potro, que contempla as variâncias genéticas (aditivo e não aditivo) e de ambiente permanente;

σ_e^2 = é a variância associada ao efeito residual ou ambiente temporário.

Para verificar se quando há um aumento no número de repetições há redução do valor da variância dentro de potro e se essa redução representa ganho em precisão, realizou-se o seguinte cálculo (FALCONER, 1987):

$$\text{Ganho em Precisão} = \frac{1 + r(n-1)}{n}$$

Em que: r = repetibilidade e n = número de repetições.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações ocorreram quando os potros apresentavam de 22 a 25 meses de idade; de 29 a 32 meses de idade e de 36 a 39 meses de idade e com altura na cernelha, em média, de $1,50 \pm 0,04$; $1,57 \pm 0,04$ e $1,59 \pm 0,05$ metros, respectivamente.

Os valores das estimativas de repetibilidade nos três momentos de avaliação variaram de 0,18 a 0,89, sendo o menor (ângulo rádio-carpo-metacarpiano no primeiro momento de avaliação) e os maiores (ângulos escápulo-umeral B no segundo momento de avaliação e ângulo coxo-femoral no terceiro momento de avaliação) valores estimados para as características inerentes ao potro (Tabela 1).

As características de desempenho; amplitudes e velocidades das passadas anterior e sobre o obstáculo, as distâncias da batida e da recepção, a altura máxima e o deslocamento horizontal da cernelha no salto; que caracterizam a preparação e a parábola do salto (GODOI et al., 2012) apresentaram valores de repetibilidade nos três momentos de avaliação, variando de 0,27 a 0,64.

A amplitude da passada anterior ao obstáculo, que é uma variável relacionada com a preparação do potro para o salto, apresentou a menor estimativa de repetibilidade, variando de 0,27 a 0,33. Essa característica de desempenho é influenciada pelo tamanho das passadas (BACK & CLAYTON, 2001) e, devido à utilização de uma medida fixa entre o obstáculo principal e o obstáculo de referência, os potros foram obrigados a adaptar o tamanho de suas passadas a esse espaço, o que pode ter levado ao menor valor dessa estimativa. O uso do obstáculo de referência posicionado antes do obstáculo principal é prática comum, tanto durante o treinamento como nas pesquisas, visando a segurança dos animais inexperientes (POWERS & HARRISON, 2000; BOBBERT & SANTAMARÍA, 2005; SANTAMARÍA et al., 2006; LEWCZUK et al., 2006; SCHLUP, 2006; LEWCZUK, 2008; SCHLUP, 2010).

As distâncias da batida e da recepção e a amplitude da passada sobre o obstáculo indicam a decolagem e a aterrissagem do potro. E, a altura máxima e o deslocamento horizontal da cernelha no salto indicam o momento mais alto do salto e a distância desse ponto ao obstáculo. Essas características de desempenho, que caracterizam a parábola do salto, apresentaram estimativas de repetibilidade variando de 0,43 a 0,61, sendo que a distância da recepção foi a variável que apresentou os maiores valores, de 0,59 a 0,62. Essa observação pode ser devido ao fato de que a distância da recepção é uma consequência da execução das outras características de desempenho pelo potro durante o salto e se torna importante na Prova de Salto, quando os obstáculos são sequenciais.

Observação similar foi feita por LEWCZUK et al. (2006), avaliando o salto de equinos jovens em obstáculo Oxe de 100; 110 e 120 cm de altura e 90 cm de largura, durante três anos e em três momentos diferentes do treinamento. Esses autores verificaram estimativas de repetibilidade das características supracitadas variando de 0,43 a 0,66, sendo que a distância da recepção também apresentou os maiores valores (0,58 a 0,66).

Tabela 1. Valores das estimativas de repetibilidade (r) nos três momentos de avaliação e em todos os momentos simultaneamente (Geral)

Características		Momentos de avaliação							
		Primeiro (n =105)		Segundo (n = 84)		Terceiro (n = 79)		Geral (n = 108)	
		N	r	N	r	N	r	N	r
Desempenho	Amplitude da passada anterior ao obstáculo	372	0,27	311	0,27	259	0,33	942	0,15
	Velocidade da passada anterior ao obstáculo	378	0,38	284	0,36	260	0,30	922	0,24
	Amplitude da passada sobre o obstáculo	420	0,48	351	0,47	275	0,55	1.046	0,37
	Velocidade da passada sobre o obstáculo	417	0,59	321	0,64	275	0,64	1.013	0,34
	Distância da batida	441	0,43	351	0,55	278	0,47	1.077	0,36
	Distância da recepção	429	0,59	351	0,62	277	0,61	1.057	0,41
	Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	436	0,37	347	0,35	276	0,22	1.059	0,19
	Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	442	0,42	346	0,43	274	0,23	1.062	0,25
	Altura do membro pélvico esquerdo sobre o obstáculo	419	0,42	350	0,47	277	0,54	1.046	0,20
	Altura máxima da cernelha no salto	438	0,46	352	0,61	278	0,56	1.068	0,25
	Deslocamento horizontal da cernelha no salto	438	0,51	352	0,62	278	0,62	1.068	0,40
Inerentes aos potros	Distância vertical articulação úmero-radial ao boleto	428	0,41	349	0,56	279	0,48	1.053	0,34
	Distância da articulação úmero-radial ao boleto	428	0,30	349	0,34	276	0,28	1.053	0,19
	Distância escápula-boleto	441	0,45	352	0,62	275	0,48	1.068	0,39
	Distância vertical soldra-boleto	423	0,32	352	0,47	277	0,61	1.052	0,21
	Ângulo escápulo-umeral A	427	0,81	348	0,83	269	0,85	1.044	0,51
	Ângulo escápulo umeral B	427	0,86	349	0,89	274	0,84	1.050	0,48
	Ângulo úmero-radial	429	0,21	349	0,51	277	0,48	1.055	0,28
	Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	429	0,18	349	0,34	275	0,27	1.053	0,17
	Ângulo do pescoço	440	0,51	347	0,70	269	0,65	1.056	0,46
	Ângulo da cabeça	442	0,55	347	0,52	278	0,61	1.067	0,42
	Ângulo coxo-femoral	426	0,72	351	0,84	277	0,89	1.054	0,46
	Ângulo femoro-tibial	426	0,64	351	0,66	276	0,63	1.053	0,36
	Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	426	0,38	351	0,51	276	0,44	1.053	0,31
	Ângulo cernelha-garupa-boleto	427	0,45	351	0,38	273	0,60	1.051	0,28

N = Número de salto executados.

Os valores das estimativas de repetibilidade para distância da batida aumentaram, aproximadamente em 10%, nas consecutivas avaliações, de 0,43 para 0,55 e 0,61 no primeiro, segundo e terceiro momento de avaliação, respectivamente. Esse fato pode ser devido ao aumento da altura do obstáculo, em que os potros necessitavam ajustar melhor a decolagem para o salto. Esta observação está de acordo com LEWCZUK et al. (2006) que também observaram aumento no valor das estimativas da repetibilidade dessa variável quando o obstáculo aumentou de 1,00 para 1,20 metros, de 0,44 para 0,51. SCHLUP (2010), avaliando equinos geneticamente similares ao do presente trabalho, não observou diferença na distância da batida antes e após cinco meses de treinamento, com valores de 1,41 metros em obstáculo Oxer com 1,00 metro de altura por 0,90 metros de largura. DEUEL & PARK (1991) citam que os melhores equinos em competições saltam mais próximo do obstáculo, ou seja, apresentam menor distância da batida. Essa variável é muito apreciada em treinamento de equinos e de cavaleiros e apresenta valores moderados de estimativas de repetibilidade, podendo ser uma das utilizadas para selecionar equinos para o treinamento de salto, pois é de fácil visualização, inclusive na ausência de filmagem.

A velocidade da passada sobre o obstáculo apresentou as maiores estimativas de repetibilidade dentro do grupo das características de desempenho de 0,59; 0,64 e 0,64 no primeiro, segundo e terceiro momento de avaliação, respectivamente. Também a velocidade da passada anterior ao obstáculo apresentou valores de estimativas de repetibilidade similares entre si, variando de 0,30 a 0,38. Estes resultados indicam que também as velocidades podem ser utilizadas para direcionar potros para o treinamento da modalidade Salto.

As características de desempenho altura do membro torácico sobre o obstáculo, tanto mensurados na pinça e como no boleto (GODOI et al., 2012) apresentaram maiores estimativas de repetibilidade no primeiro momento de avaliação, 0,22 e 0,42, respectivamente, com menor altura do obstáculo, e menores valores na terceira avaliação, 0,22 e 0,23, respectivamente, com maior altura do obstáculo. Já a altura do membro pélvico sobre o obstáculo apresentou efeito contrário, com maior estimativa de repetibilidade na última avaliação, 0,54. Isso pode ser resultado do fato de que no terceiro momento de avaliação houve maior porcentagem de faltas com os membros torácicos (73%) que nos demais momentos de avaliação, nas quais a porcentagem de faltas foi de, aproximadamente, 50%, entre os membros torácicos e pélvicos. As observações indicam que a altura dos membros torácicos ao obstáculo é uma característica influenciada pelos efeitos temporários de ambiente e que para ser usada necessita de maior número de repetições. Os menores valores de repetibilidade observados por LEWCZUK et al. (2006) foram para as alturas dos membros torácico e pélvico sobre o obstáculo, variando de 0,10 a 0,26.

As características inerentes ao potro apresentaram, em média, maiores valores de estimativas de repetibilidade em relação às características de desempenho, variando de 0,18 a 0,89, nas análises realizadas em cada momento de avaliação. Valores mais elevados foram observados nas variáveis mensuradas na região do tronco tanto do segmento torácico quanto pélvico, sendo elas: ângulos escápulo-umeral A e B, do pescoço, da cabeça, coxo-femoral e femoro-tibial, com valores de 0,51 a 0,89. Essas características estão relacionadas com o sucesso ou o insucesso do salto de forma indireta, ou seja, elas influenciam outras que podem, efetivamente, levar a ocorrência de faltas.

As características inerentes aos potros mensuradas na região dos membros, tanto torácico quanto pélvico do corpo, tanto na parte torácica (ângulo úmero-radial, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico, distância vertical articulação úmero-radial ao boleto torácico e distância vertical escápula-boleto) quanto na parte pélvica (ângulos tíbio-tarso-metatarsiano e cernelha-garupa-boleto-pélvico e distância vertical soldra-boleto) apresentaram valores das estimativas de repetibilidade um pouco abaixo das supracitadas, variando de 0,18 a 0,62. Essas variáveis estão relacionadas com o recolhimento dos membros dos potros, sendo desejável menor angulação para evitar que o animal derrube o obstáculo, exceto o ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico, uma vez que reflete a capacidade de flexionamento do dorso do equino durante o salto, sendo desejável maior angulação para evitar o derrube do obstáculo com os membros pélvicos.

BOBBERT et al. (2005) verificaram que os melhores cavalos de salto flexionam mais os membros e elevam o centro de gravidade o suficiente apenas para ultrapassar o obstáculo. Esses autores realizaram o experimento com a altura do obstáculo principal em 1,15 metros, altura submáxima para a capacidade dos melhores cavalos do estudo, uma vez que saltavam até 1,50 metros sem derrube do obstáculo, enquanto que os piores não conseguiram ultrapassar um obstáculo de 1,40 metros.

Em geral, para os três momentos de avaliação, observou-se que os valores das estimativas de repetibilidade foram menores no primeiro momento quando os potros eram mais jovens e a altura do obstáculo menor, e mais elevadas no último momento quando os potros já haviam realizado o protocolo do experimento duas vezes e a altura do obstáculo era maior. Dentre os grupos de variáveis analisadas, as maiores estimativas de repetibilidade, em média, foram observadas nas características inerentes ao potro, principalmente as mensuradas na região do tronco, para todos os momentos de avaliação, e com maior valor no último momento de coleta de dados. Esses valores corroboram com LEWCZUK et al. (2006) que observaram maiores valores de repetibilidade nas variáveis dos equinos avaliados durante o salto nas maiores alturas de obstáculo.

Na Tabela 1 estão os resultados da análise realizada com os saltos de todos os momentos de avaliação. Nessa análise os valores das estimativas de repetibilidade foram menores dos que os avaliados em cada momento, variando de 0,15 a 0,51, observados no ângulo rádio-carpo-metacarpiano e na distância da recepção, respectivamente. A redução nos valores das estimativas de repetibilidade era esperada, pois no conjunto das informações ocorre maior abrangência de efeitos temporários de ambiente. Quando os saltos são comparados dentro de um mesmo momento de avaliação, os animais e as condições ambientais são mais homogêneos entre si do que quando são comparados nos diferentes momentos, incluindo idade, massa muscular e altura do obstáculo, além disso, na avaliação geral o número de repetições foi maior, com o mínimo de cinco e o máximo de 15 saltos por potro.

No grupo das características de desempenho, o menor valor das estimativas de repetibilidade foi observado na amplitude da passada anterior ao obstáculo, de 0,15, e o maior na distância da batida, de 0,41. Nas características inerentes ao potro, a menor estimativa de repetibilidade foi observada no ângulo rádio-carpo-metacarpiano, de 0,17 e a maior no ângulo escápulo-umeral A, de 0,51.

Segundo LUSH (1964) há tendência do valor da repetibilidade reduzir com o aumento do número de repetições. Quando a repetibilidade é alta com pouca variância dentro de potro, o maior número de saltos avaliados proporcionará pequeno ganho em precisão, como pode ser observado na Figura 1, com repetibilidade igual a 0,89, que corresponde à estimada para os ângulos escápulo-umeral B e coxo-femoral na segunda e terceira avaliações, respectivamente. Mas, quando a repetibilidade é baixa, um maior número de repetições pode propiciar ganho em acurácia, como pode ser observado na Figura 1, com repetibilidade igual a 0,18, que corresponde à estimativa para o ângulo rádio-carpo-metacarpiano.

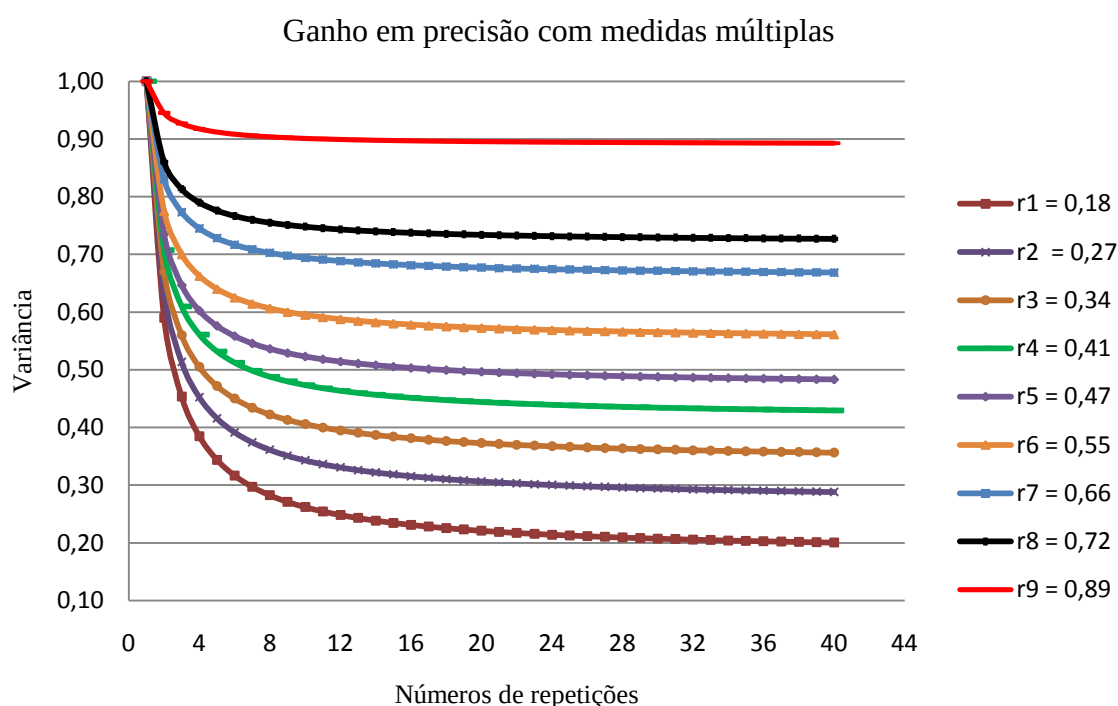


Figura 1. Ganho em precisão com medições múltiplas com os valores de repetibilidade das características dos potros durante o salto de obstáculo (vide Tabela 1). O eixo Y representa a variância da média de n medidas como uma porcentagem da variância de uma medida. O eixo X representa o número de saltos (Fonte: Adaptado de FALCONER, 1987)

Na Tabela 2 são apresentados os resultados das análises considerando dois momentos de avaliação combinados, ou seja, com estimativas de repetibilidade do primeiro e segundo; segundo e terceiro e primeiro e terceiro momentos de avaliação.

Os maiores valores de repetibilidade foram observados na análise do segundo e terceiro momento de avaliação, de 0,40 na média geral e, os menores valores, como o esperado, foram observados na análise do primeiro e terceiro momento de avaliação, de 0,33 na média geral.

Como observado nas demais análises, as características inerentes aos potros apresentaram os maiores valores das estimativas de repetibilidade nas três análises, sendo a maior estimativa observada na análise do segundo e terceiro momento de avaliação, 0,46.

Em síntese, em todas as análises realizadas, os maiores valores das estimativas da repetibilidade foram observados nas características inerentes aos potros, nos ângulos escapulo-umeral A e B e coxo-femoral.

Tabela 2. Valores das estimativas de repetibilidade (r) comparando dois momentos de avaliação entre si

Características		Momentos de avaliação					
		1 ^a e 2 ^a		2 ^a e 3 ^a		1 ^a e 3 ^a	
		N	r	N	r	N	r
Desempenho	Amplitude da passada anterior ao obstáculo	683	0,17	570	0,21	631	0,19
	Velocidade da passada anterior ao obstáculo	662	0,27	544	0,23	638	0,30
	Amplitude da passada sobre o obstáculo	771	0,39	626	0,42	695	0,39
	Velocidade da passada sobre o obstáculo	738	0,38	596	0,35	692	0,41
	Distância da batida	792	0,38	629	0,45	719	0,32
	Distância da recepção	780	0,47	328	0,48	706	0,43
	Altura da pinça torácica esquerda sobre obstáculo	783	0,24	623	0,22	712	0,23
	Altura da pinça torácica direita sobre obstáculo	516	0,38	314	0,37	442	0,33
	Altura do boleto torácico esquerdo sobre obstáculo	788	0,32	620	0,24	716	0,27
	Altura do boleto torácico direito sobre obstáculo	538	0,34	204	0,50	378	0,41
	Altura do membro pélvico esquerdo sobre obstáculo	177	0,33	84	0,16	145	0,34
	Altura do membro pélvico direito sobre o obstáculo	769	0,33	631	0,29	696	0,15
	Altura máxima da cernelha no salto	790	0,36	630	0,29	716	0,31
	Deslocamento horizontal da cernelha no salto	790	0,44	630	0,53	716	0,41
Inerentes ao potro	Distância vertical articulação úmero-radial ao boleto	777	0,38	625	0,47	704	0,31
	Distância da articulação úmero-radial ao boleto	777	0,23	625	0,24	704	0,22
	Distância escápula-boleto	793	0,40	627	0,53	716	0,37
	Distância vertical soldra-boleto	775	0,29	631	0,29	700	0,23
	Ângulo escápulo-umeral A	775	0,55	617	0,64	696	0,60
	Ângulo escápulo-umeral B	776	0,53	623	0,64	701	0,60
	Ângulo úmero-radial	778	0,27	626	0,43	706	0,24
	Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	778	0,24	624	0,24	704	0,16
	Ângulo do pescoço	787	0,47	616	0,59	709	0,46
	Ângulo da cabeça	789	0,45	625	0,47	720	0,43
	Ângulo coxo-femoral	777	0,51	628	0,65	703	0,51
	Ângulo femoro-tibial	777	0,41	627	0,45	702	0,47
	Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	777	0,34	627	0,36	702	0,31
	Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	778	0,35	624	0,28	700	0,33

N = Número de salto executados

E, os maiores valores observados no grupo das características de desempenho foram velocidade da passada sobre o obstáculo, deslocamento horizontal da cernelha em relação ao obstáculo no momento da altura máxima e distância da recepção. Porém, a amplitude da passada anterior ao obstáculo e a distância da batida são características que são facilmente observadas pelos treinadores e, também, podem ser ajustadas pelos cavaleiros apresentaram baixa repetibilidade, necessitando de maior número de saltos para descrever realmente a capacidade dos potros.

4. CONCLUSÕES

As características mensuradas na região dorsal dos potros são as variáveis menos sujeitas a efeitos temporários de ambiente.

Os ângulos escápulo-umeral A e B e coxo-femoral, velocidade da passada sobre o obstáculo, deslocamento horizontal da cernelha em relação ao obstáculo no momento da altura máxima e distância da recepção necessitam de menor número de saltos para selecionar potros para o treinamento na modalidade salto.

As características de desempenho amplitude da passada anterior ao obstáculo, distância da batida, altura dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo são variáveis que são utilizadas e mais facilmente visualizadas tanto pelos juízes como pelos treinadores, porém apresentaram baixa repetibilidade, necessitando de maior número de saltos para descrever realmente a capacidade dos potros.

5. REFERÊNCIAS

BACK, W.; CLAYTON, H. *Equine locomotion*. London: W.B. Saunders, 2001. 384p.

BASLER – Câmeras Basler. Disponível em: <http://www.baslerweb.com>. Acesso em: 27/11/2011.

BOBBERT, M.; SANTAMARÍA, S.; Van WEEREN, P.R. et al. Can jumping capacity of adult show jumping horses be predicted on the basis of sub maximal free jumps at foal age? A longitudinal study. *The Veterinary Journal*, v.170, p. 212-221, 2005.

BURITY, B. *Influência de boleteiras de diferentes pesos na trajetória de salto*. 2010, 45 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro.

CBH – *Confederação Brasileira de Hipismo*. Regulamento de Salto. Disponível em: [http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20cbh_2011\(1\).pdf](http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20cbh_2011(1).pdf). Acesso em: 12 de dezembro de 2011.

CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement Techniques for Gait Analysis. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders, p.55-76, 2001.

DEUEL, N.R., PARK, J. Kinematic analysis of jumping sequences of Olympic show jumping horses. *Equine Exercise Physiology*, v. 3, p. 158-166, 1991.

FALCONER, D.S. *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa: UFV, 1987. 279p.

FAO - *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 27 /05/11.

GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Metodologia da análise morfométrica de equinos em estação e da análise cinemática dos equinos durante o salto em liberdade. *Ciência Rural*. Em submissão, 2012.

LEWCZUK, D. Young horse response on changing distance in free jumping combination. *Animal*, v. 2, n. 11, p. 1651-1657, 2008.

LEWCZUK, D.; SLONIEWSKI, Z.; REKLEWSKI, Z. Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider. *Livestock Science*, n.99, p.125-130, 2006.

LIMA, R.A.S., SHIROTA, R., BARROS, G.S.C. *Estudo do Complexo do Agronegócio Cavalos no Brasil*. CEPEA-ESALQ/USP, Piracicaba, 2006, 250p.

LUSH, J.L. *Melhoramento Genético dos Animais Domésticos*. Rio de Janeiro, RJ, USAID, 1964. 570 p.

PEREIRA, J.C.C. *Herança e Meio. Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal*. 5.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2008, p.62-94.

POWERS, P.N.R.; HARRISON, A.J. A study on the techniques used by untrained horses during loose jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*, v.20, n.12, p. 844-850, 2000.

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.F.; BACK, W. et al. Can early training of show jumpers bias outcome of selection events? *Livestock Science*, v.102, p.163-170, 2006.

SCHLUP, E. *Cinemática do Salto de Equinos de Iniciação Esportiva na Escola de Equitação do Exército*. 2010, 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SCHLUP, E. *Estudo da trajetória de salto dos cavalos da Escola de Equitação do Exército*. 2006, 68 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro.

SILVA, C.E.L.A. *Parâmetros morfológicos de equinos novos em estação e durante o salto na Escola de equitação do exército*. 2009, 58 f. Monografia, (*Latu sensu* em Equitação) - Escola Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro, 2009.

SIMI - *Reality Motion Systems*. Disponível em: Acesso em: <http://www.simi.de>. Acesso em: 27/11/11.

CAPÍTULO 3. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DE POTROS EM ESTAÇÃO E DAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DO SALTO EM LIBERDADE

RESUMO

Na seleção das características de maior relevância para o desempenho desportivo de equinos foi utilizada a análise de componentes principais dos valores morfométricos de potros em estação e no salto de obstáculo em liberdade. Inicialmente, foram obtidas 48 características das mensurações dos potros em estação e da cinemática no salto de obstáculo em liberdade. Os potros foram filmados em estação e durante o salto em liberdade aos 22-25, 29-32 e 36-39 meses de idade. As análises de componentes principais foram realizadas nos grupos: características lineares e angulares dos potros em estação e características cinemáticas e inerentes aos potros durante o salto. As características dos potros em estação selecionadas foram: comprimentos do corpo, do antebraço, da quartela torácica e pélvica, da perna e da canela pélvica; altura na garupa e os ângulos do pescoço, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, escápulo-solo, metacarpo-falangeano, ângulo coxo-solo, fêmoro-tibial, túbio-tarso-metatarsiano e metatarso-falangeano. As características de desempenho selecionadas foram capazes de descrever como os potros abordam o obstáculo e a relação entre a altura dos membros e o obstáculo. As características angulares selecionadas dos potros em estação e as inerentes aos potros no salto foram semelhantes entre si, sendo elas os ângulos do pescoço, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, fêmoro-tibial, túbio-tarso-metatarsiano. Dessa forma, a avaliação angular dos potros em estação pode ser indicativa do desempenho dos equinos no salto. Destaca-se que as características angulares foram as que apresentaram menor eliminação e similares nos potros em estação e no salto em liberdade e, as características lineares dos potros em estação selecionadas indicam associação com o tamanho dos equinos.

Palavras-chave: análise multivariada, biomecânica, esportes equestres, salto em liberdade

CHAPTER 3. PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS OF MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF YEARLINGS AT STATION AND YEARLING'S KINEMATICS CHARACTERISTICS AT JUMPING

ABSTRACT

In order to select factors with relevance to performance of horses, principal components analysis were used on the morphometric characteristics of yearlings in station and during the jumping fences. Initially, 48 measures were generated from the measurements of yearlings at station and the yearling's kinematics at jumping. The yearlings were filmed at station and at jumping fences at 22-25, 29-32 and 36-39 months of age. The principal component analysis was performed in three groups: linear and angular characteristics of the yearlings at station, and kinematics characteristics and inherent characteristics of the yearlings at jumping. The characteristics of the yearlings at station were selected: body lengths, forearm length, chest and hind limb pastern length, leg length and croup height and neck angle, humerus-radial angle, radio-carpal-metacarpal angle, shoulder-floor angle, metacarsal-phalanx angle, coxae-floor angle, femoral-tibial angle, tibial-tarsal-metatarsal angle and metatarsal-phalanxial angle. The performance characteristics selected are able to describe how the yearling approaches to the fence and the relationship between the height of the members and the fence. The angular characteristics of the yearlings at station and inherent characteristics of yearlings at jump were similar, as the angles of the neck, humerus-radial, radio-carpal-metacarpal, femoral-tibial, tibio-tarsal-metatarsal. Thus, the evaluation of the angles of yearlings at station may be indicative of the performance of horses during the jump. It is noteworthy that the angular characteristics showed the lowest discard and were to the yearlings at station and free jumping, and linear characteristics of yearlings at station indicated association with the size of horses.

Keywords: biomechanics, equestrian sports, jumping, multivariate analysis

1. INTRODUÇÃO

A cinemática é o ramo da biomecânica que estuda as alterações na posição dos segmentos corporais no espaço durante um tempo determinado. Os movimentos são descritos quantitativamente por variáveis lineares e angulares que se relacionam com o tempo, como deslocamento, velocidade e aceleração, sem considerar as forças que causaram o movimento. A análise cinemática quantifica as características do movimento que são avaliadas qualitativamente durante o exame visual. E, existem várias situações na equideocultura em que a avaliação qualitativa é inadequada, sendo desejável a utilização de métodos quantitativos para a análise do movimento, que ofereçam maior confiabilidade, sem o viés intrínseco da avaliação subjetiva. Atualmente, a abordagem cinemática é a mais empregada em pesquisas com equinos (BARREY, 2008).

Em virtude do avanço tecnológico dos programas computacionais, desenvolvimento e acessibilidade de câmeras com frequência de aquisição de imagens alta e *softwares* específicos, assim como a utilização de marcadores tanto ativos quanto passivos no corpo dos equinos é possível gerar grande número de variáveis. No entanto, muitas vezes, não é possível realizar a digitalização das imagens, que é o processamento das coordenadas dos marcadores fixados no corpo dos equinos, de forma automática, o que torna o processo lento e trabalhoso. Dessa forma, a utilização mecanismos que possibilitem a escolha das características mais importantes para descrever o desempenho dos equinos são necessárias para evitar reduzir custos com informações irrelevantes.

O uso da análise de componentes principais é uma das técnicas estatísticas de análise multivariada que possibilita eliminar informações redundantes existentes em decorrência da correlação entre variáveis e descartando as de pouca contribuição para a variação total, além de examinar as correlações entre as variáveis estudadas, avaliar a importância individual promovendo a eliminação daquelas que contribuem pouco. Sabe-se que dentro de um conjunto de variáveis algumas fornecem informações redundantes em razão das correlações entre si e podem de ser de difícil mensuração, onerar o processo ou, ainda, dificultar as análises (BARBOSA et al., 2005).

Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, que são independentes entre si e estimadas com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação dos dados iniciais, em termos de variação total (REGAZZI, 2002).

Na literatura, não é raro encontrar o emprego da análise de componentes principais em artigos nas mais variadas áreas. Na Zootecnia constata-se a sua utilização em diversos estudos, tanto os aplicados no melhoramento genético quanto para produção animal. Entre eles, pode-se citar artigos em suínos (BARBOSA et al., 2006), bovinos (VAL et al., 2008), codornas (LEITE et al., 2009), aves de postura (PAIVA et al., 2010) e pastagens (SILVA & SBRISIA, 2009).

Em pesquisas com equinos, a utilização da análise de componentes principais é observada em estudos morfométricos, como o de GARCÍA et al. (1987) em equinos da raça Árabe; BARBOSA (1993) e PINTO et al. (2005) em equinos da raça Mangalarga Marchador; MISERANI et al. (2002) em cavalos da raça Pantaneira e BERBARI NETO (2009) em

animais da raça Campolina. Nestes artigos os autores verificaram redução do número de variáveis após o uso da análise de componentes principais. Porém ainda não foi descrito na literatura o uso dessa técnica em estudos cinemáticos de equinos durante o salto de obstáculo.

Desse modo, no intuito de selecionar as características com maior relevância para o estudo do desempenho desportivo de equinos, foi utilizada a análise de componentes principais e avaliadas as associações entre características morfométricas de potros em estação e das características de desempenho e inerente aos potros durante o salto de obstáculo em liberdade.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados 108 potros da raça Brasileiro de Hipismo e seus mestiços sem nenhum tipo de treinamento, de ambos os sexos, filhos de 13 garanhões, pertencentes ao Exército Brasileiro, nascidos e criados de maneira uniforme na Coudelaria de Rincão, São Borja, Rio Grande do Sul.

Pontos anatômicos, considerados como referência para a avaliação das características de desempenho foram realçados com 19 marcadores esféricos e reflexivos, em procedimento adaptado de CLAYTON; SCHAMHARDT (2001) e LEWCZUK et al. (2006), descritos em GODOI et al. (2012a).

O mesmo grupo de animais foram filmados em estação e em cinco tentativas, consecutivas, de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura aos 22-25 meses de idade (n = 105), aos 29-32 meses de idade (n = 84) e aos 36-39 meses de idade (n = 79), respectivamente, conforme protocolo descrito por GODOI et al. (2012). As imagens foram capturadas utilizando câmera *Basler A602fc*[®] com frequência de aquisição de 100Hz (BASLER, 2011) e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®] 4.7, 3D (SIMI, 2011).

Foram obtidas 48 variáveis segmentadas em quatro grupos para facilitar o entendimento e a discussão, sendo esses: 1) características lineares dos potros em estação: altura na cernelha, altura na garupa, comprimento do corpo, comprimento do pescoço, distância escápula-boleto, comprimento do antebraço, comprimento da canela torácica e pélvica, comprimento da quartela torácica e pélvica e comprimento da perna; 2) características angulares dos potros em estação: ângulo da cabeça, ângulo do pescoço, ângulo escápulo-umeral, ângulo úmero-radial, ângulo radio-carpo-metacarpiano, ângulo metacarpo-falangeano, ângulo escápulo-solo, ângulo coxo-solo, ângulo coxo-femoral, ângulo femoro-tibial, ângulo tíbio-tarso-metatarsiano e ângulo metatarso-falangeando; 3) características de desempenho durante o salto de obstáculo: amplitudes e velocidades das passadas anterior e sobre o obstáculo; distância da batida, distância da recepção; altura máxima e deslocamento horizontal da cernelha no salto e alturas dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo; 4) características inerentes aos potros mensuradas no momento em que o boleto torácico ou pélvico passava sobre o obstáculo, denominadas características inerentes aos potros: ângulos escápulo-umeral A e B, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, da cabeça, do pescoço, cernelha-garupa-boleto-pélvico, coxo-femoral, femoro-tibial e tíbio-tarso-metatarsiano e distâncias vertical escápula-boleto, vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico; da articulação úmero-radial ao boleto torácico e vertical soldra-boleto (GODOI et al., 2012a).

Somente os dados obtidos dos saltos executados com sucesso segundo a CBH (2011) foram considerados. Também foram considerados apenas os dados dos saltos para os quais não houve perda de informações. Os valores das características foram ajustados para efeitos fixos de idade do potro no momento de avaliação, efeito fixo do momento de avaliação e de potro como efeito aleatório.

Os valores das características angulares e lineares dos potros em estação foram ajustados para efeitos fixos de sexo, raça e idade do potro no momento da coleta de dados utilizando o modelo estatístico:

$$\gamma_{ijkl} = \mu + E_i + b_i(x_{ij} - \bar{x}_i) + P_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Em que:

γ_{ijkl} = é a variável y mensurada no momento de avaliação i , em um animal de idade j , de identificação k e no salto l ;

μ = é uma constante geral presente em todas as observações;

b_i = é o coeficiente de regressão linear que ajusta o efeito da idade j do animal no momento de avaliação i , ou seja, serve para modelar o efeito da idade aninhado em cada momento de avaliação i ;

x_{ij} = é a idade j no momento de avaliação i ;

$\bar{x}_i$ = é a média das idades no momento de avaliação i ;

P_k = é o efeito aleatório do potro k ;

ε_{ijml} = é o erro aleatório associado a cada observação.

As análises de componentes principais foram realizadas separadamente, de acordo os grupos de características supracitados e, ainda, de acordo com os momentos de avaliação. Primeiramente, foram realizadas análises com as características nos três momentos de coleta de dados separadamente. Em seguida, realizou-se uma análise com todas as variáveis da análise cinemática durante o salto de obstáculo, simultaneamente, denominada de análise geral.

O critério para exclusão de características pela análise de componentes principais (CPs) foi realizado, primeiramente, verificando a porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP). Nessa etapa foram excluídos os componentes principais cujos %VCP apresentaram-se maior do que 80% (MORRISON, 1976).

A próxima etapa consistiu em determinar as características que foram excluídas. REGAZZI (2002) cita que a importância ou variância dos CPs decresce do primeiro para o último, assim, a variável que domina, ou seja, aquela que possui maior correlação com o CP de menor autovalor (menor variância), deve ser a menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. A seguir, o próximo CP de menor autovalor excluirá a característica com a maior correlação, e assim por diante até que todos os CPs excluídos na primeira etapa descartem uma característica. Se um CP tiver a maior correlação com uma característica que já foi excluída, excluí-se a característica com a próxima maior correlação que ainda não foi excluída (JOLLIFFE, 1972; REGAZZI, 2002). A exclusão das variáveis foi realizada pelos coeficientes de ponderação das características com os componentes principais.

Em razão do grande número de características com medidas em unidades diferentes (metros, segundos, metro por segundo e graus) foi necessária a padronização das variáveis com média igual a zero e desvio padrão igual a um.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de componentes principais das características lineares dos potros em estação (Tabela 1) mostra que, no máximo, quatro componentes principais são responsáveis por explicar até 80% da variação total nos três momentos de avaliação. No primeiro e no terceiro momento de avaliação foram consideradas apenas três componentes principais, que juntos explicaram pouco mais de 75% da variação total. E, no segundo momento de avaliação foram necessários quatro componentes principais para explicar 80% da variação total.

Tabela 1. Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características lineares dos potros em estação

CP	1º momento de avaliação			2º momento de avaliação			3º momento de avaliação		
	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)
CP1	5,8087	0,5281	0,5281	5,7227	0,5203	0,5203	6,5208	0,5928	0,5928
CP2	1,5013	0,1365	0,6646	1,3954	0,1269	0,6471	0,9977	0,0907	0,6835
CP3	0,9591	0,0872	0,7518	0,9311	0,0846	0,7318	0,7704	0,0700	0,7535
CP4	0,6907	0,0628	0,8145	0,7152	0,0650	0,7968	0,7414	0,0674	0,8210
CP5	0,5949	0,0541	0,8686	0,5633	0,0512	0,8480	0,5586	0,0508	0,8717
CP6	0,4641	0,0422	0,9108	0,4310	0,0392	0,8872	0,4522	0,0411	0,9128
CP7	0,3791	0,0345	0,9453	0,3678	0,0334	0,9206	0,3651	0,0332	0,9460
CP8	0,2393	0,0218	0,9671	0,3476	0,0316	0,9522	0,2634	0,0239	0,9700
CP9	0,1970	0,0179	0,9850	0,2551	0,0232	0,9754	0,1711	0,0156	0,9855
CP10	0,1311	0,0119	0,9969	0,2137	0,0194	0,9949	0,1144	0,0104	0,9960
CP11	0,0341	0,0031	1,0000	0,0565	0,0051	1,0000	0,0445	0,0040	1,0000

%VCP (acc.) porcentagem da variância acumulada

As variáveis altura na cernelha, comprimento do corpo, comprimento do pescoço, distância escápula-boleto, comprimento da canela torácica, comprimento da perna, comprimento canela pélvica e comprimento da quartela pélvica foram excluídas no primeiro momento de avaliação. Dessa forma, a altura na garupa, comprimento do antebraço e comprimento da quartela torácica foram as variáveis selecionadas para permanecerem para representar a avaliação de potros aos 22-25 meses de idade (Tabela 2).

No segundo momento de avaliação, as características altura na garupa e os comprimentos do corpo, da perna e da canela pélvica foram as mais importantes para descrever as características morfológicas lineares dos potros aos 29-32 meses de idade (Tabela 3).

Tabela 2. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no primeiro momento de avaliação

Características	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Altura na cernelha	-0,134	-0,147	-0,015	-0,102	-0,119	-0,482	0,104	-0,719
Altura na garupa	-0,167	-0,207	-0,067	-0,151	-0,129	-0,452	0,211	0,687
Comprimento do corpo	0,092	-0,309	-0,182	0,380	-0,574	0,481	-0,034	-0,011
Comprimento do pescoço	0,355	-0,108	-0,487	0,272	0,625	-0,024	0,033	-0,002
Distância escápula-boleto	-0,094	0,036	0,023	-0,380	0,114	0,140	-0,814	0,048
Comprimento antebraço	-0,480	0,022	0,138	0,006	0,403	0,442	0,344	-0,036
Comprimento canela torácica	0,172	0,301	0,064	-0,540	-0,103	0,296	0,381	-0,034
Comprimento quartela torácica	0,365	-0,384	0,330	-0,116	-0,004	0,038	0,078	-0,023
Comprimento perna	0,534	0,355	0,489	0,211	0,048	-0,099	-0,005	0,065
Comprimento canela torácica	-0,348	0,014	0,514	0,454	0,093	-0,077	-0,104	0,035
Comprimento quartela torácica	-0,104	0,680	-0,297	0,222	-0,229	-0,105	-0,011	0,014

Tabela 3. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no segundo momento de avaliação

Características	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Altura na cernelha	0,019	0,011	-0,347	-0,177	0,051	-0,391	-0,731
Altura na garupa	-0,058	0,027	-0,289	-0,149	-0,147	-0,528	0,659
Comprimento do corpo	0,404	-0,409	0,081	-0,282	-0,486	0,375	0,003
Comprimento do pescoço	0,312	0,491	0,217	0,031	0,404	0,056	0,076
Distância escápula-boleto	-0,451	-0,591	0,130	0,142	0,494	0,098	0,058
Comprimento antebraço	-0,541	0,208	0,037	-0,104	-0,310	0,226	-0,051
Comprimento canela torácica	-0,065	0,254	-0,431	-0,028	0,116	0,542	0,075
Comprimento quartela torácica	0,140	0,081	-0,230	0,672	-0,068	0,148	0,008
Comprimento perna	0,447	-0,231	0,129	0,022	0,256	-0,050	0,045
Comprimento canela torácica	-0,076	0,077	0,467	0,486	-0,376	-0,210	-0,112
Comprimento quartela torácica	-0,100	0,259	0,500	-0,381	0,103	0,040	-0,010

No terceiro momento de avaliação, com os potros dos 36 aos 39 meses de idade, as características selecionadas foram os comprimentos do corpo e das quartelas torácica e pélvica (Tabela 4). As características lineares alturas na cernelha e garupa e comprimento do corpo são altamente correlacionadas, com valores variando de 0,96 a 0,72 (Tabela 5, 6 e 7). Nas análises de componentes principais realizadas para cada momento de avaliação, haveria necessidade de apenas uma dessas três características selecionadas para representar o conjunto, exceto no segundo momento de avaliação em que permaneceram altura na garupa e comprimento do corpo. Isso confirma o objetivo da análise de componentes principais, na qual as características correlacionadas e redundantes são descartadas.

Tabela 4. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características lineares dos potros em estação no terceiro momento de avaliação

Características	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Altura cernelha	0,035	-0,054	0,091	-0,050	-0,308	-0,436	-0,092	-0,731
Altura garupa	0,206	-0,104	-0,047	-0,089	-0,245	-0,498	-0,197	0,657
Comprimento corpo	0,117	-0,161	-0,003	-0,049	-0,525	0,450	0,588	0,069
Comprimento pescoço	0,711	0,153	-0,039	0,363	0,295	0,140	-0,056	-0,081
Distância escápula-boleto	-0,150	-0,020	-0,212	-0,190	-0,073	0,542	-0,679	-0,032
Comprimento antebraço	-0,276	0,477	-0,324	-0,426	0,281	-0,100	0,306	0,016
Comprimento canela torácica	-0,085	-0,723	-0,044	-0,072	0,573	-0,021	0,168	-0,037
Comprimento quartela torácica	0,134	0,364	0,532	-0,116	0,244	0,127	0,079	0,036
Comprimento perna	-0,185	0,012	0,621	-0,121	0,054	-0,027	-0,107	0,086
Comprimento canela torácica	-0,519	0,124	0,014	0,771	0,005	-0,015	0,043	0,094
Comprimento quartela torácica	0,096	0,193	-0,409	0,100	0,087	-0,132	0,036	-0,043

Tabela 5. Coeficientes de correlação entre as características lineares no primeiro momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Altura na cernelha	1,00										
2. Altura na garupa	0,96	1,00									
3. Comprimento do corpo	0,79	0,79	1,00								
4. Comprimento do pescoço	0,65	0,64	0,68	1,00							
5. Distância escápula-boleto	0,86	0,85	0,71	0,63	1,00						
6. Comprimento antebraço	0,68	0,68	0,53	0,28	0,67	1,00					
7. Comprimento canela torácica	0,50	0,50	0,44	0,60	0,59	0,09	1,00				
8. Comprimento quartela torácica	0,34	0,36	0,32	0,37	0,40	0,23	0,23	1,00			
9. Comprimento perna	0,49	0,44	0,46	0,31	0,46	0,44	0,18	0,11	1,00		
10. Comprimento canela pélvico	0,34	0,33	0,31	0,40	0,33	0,06	0,58	0,21	-0,09	1,00	
11. Comprimento quartela pélvico	0,48	0,47	0,39	0,44	0,54	0,45	0,36	0,43	0,23	0,26	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 6. Coeficientes de correlação entre as variáveis lineares no segundo momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Altura na cernelha	1,00										
2. Altura na garupa	0,94	1,00									
3. Comprimento do corpo	0,74	0,72	1,00								
4. Comprimento do pescoço	0,64	0,60	0,61	1,00							
5. Distância escápula-boleto	0,71	0,70	0,62	0,49	1,00						
6. Comprimento antebraço	0,51	0,53	0,33	0,40	0,45	1,00					
7. Comprimento canela torácica	0,66	0,64	0,47	0,44	0,51	0,24	1,00				
8. Comprimento quartela torácica	0,48	0,47	0,39	0,23	0,34	0,34	0,10	1,00			
9. Comprimento perna	0,48	0,46	0,39	0,30	0,30	0,48	0,33	0,30	1,00		
10. Comprimento canela pélvica	0,56	0,60	0,50	0,52	0,55	0,26	0,68	0,05	0,32	1,00	
11. Comprimento quartela pélvica	0,51	0,52	0,40	0,19	0,39	0,27	0,28	0,59	0,26	0,21	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 7. Coeficientes de correlação entre as características lineares no terceiro momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Altura na cernelha	1,00										
2. Altura na garupa	0,94	1,00									
3. Comprimento do corpo	0,86	0,85	1,00								
4. Comprimento pescoço	0,56	0,62	0,57	1,00							
5. Distância escápula-boleto	0,84	0,82	0,83	0,46	1,00						
6. Comprimento antebraço	0,66	0,62	0,58	0,45	0,72	1,00					
7. Comprimento canela torácica	0,71	0,72	0,69	0,37	0,72	0,43	1,00				
8. Comprimento quartela torácica	0,58	0,56	0,48	0,23	0,52	0,30	0,40	1,00			
9. Comprimento perna	0,51	0,42	0,53	0,39	0,47	0,47	0,39	0,11	1,00		
10. Comprimento canela pélvico	0,69	0,60	0,60	0,30	0,69	0,59	0,55	0,41	0,41	1,00	
11. Comprimento quartela pélvico	0,46	0,48	0,52	0,27	0,52	0,29	0,40	0,39	0,36	0,35	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Outras variáveis que apresentaram correlação de moderada a alta, nos três momentos de avaliação, com as alturas na cernelha e garupa e comprimento do corpo foram comprimentos do pescoço e do antebraço e distância escápula-boleto, variando de 0,85 a 0,52, sendo que comprimento do antebraço apresentou o menor valor no segundo momento de avaliação, de 0,53 a 0,33. As correlações obtidas no segundo momento de avaliação apresentaram menores valores em relação às demais.

As variáveis selecionadas apresentaram correlação entre de 0,21 a 0,72, sendo o maior valor observado entre altura na garupa e comprimento do corpo e o menor obtido entre o comprimento da perna e o comprimento da canela pélvica, ambos no segundo momento de avaliação. YAMAKI et al. (2009) verificaram que as variáveis selecionadas em análise de componentes principais apresentam menor correlação entre si. Esse fato não foi observado, no presente trabalho, para as variáveis lineares.

PINTO et al. (2005) também constataram que houve diferença entre as variáveis lineares que explicaram maior variação entre machos e fêmeas da raça Mangalarga Marchador ao nascimento, seis e doze meses de idade. Porém, poucas variáveis foram similares entre machos e fêmeas e entre as diversas idades. Entre todos os momentos de avaliação, somente as variáveis altura na garupa e comprimento do pescoço foram similares entre os resultados daqueles autores e os do presente trabalho. Isso pode ser devido ao fato de serem animais de diferentes raças, com aptidões diferentes e avaliados em faixa etária diferente. Além disso, presente trabalho, não houve efeito de sexo.

No presente trabalho foram necessárias de três a quatro variáveis para explicar até 80% da variação total existente, enquanto PINTO et al. (2005) citaram de cinco a nove variáveis lineares para explicar a mesma porcentagem de variação total da morfologia de potros da raça Mangalarga Marchador, de recém-nascidos aos 12 meses de idade. BERBARI NETO (2009), avaliando equinos adultos, utilizou de três a seis variáveis lineares para explicar 85% da variação total da morfologia de equinos campeões e não campeões. O fato dos resultados das análises de componentes principais do presente trabalho terem selecionado menor número de variáveis que os autores citados pode ser devido ao fato dos animais utilizados serem mais homogêneos entre si, pois são filhos de apenas 13 garanhões e criados de maneira similar na mesma propriedade e, além do mais, foram realizados modelos de ajustes nos dados. 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.

Em geral, as variáveis lineares dos potros em estação, como resultado das análises de componentes principais nos três momentos de avaliação, passíveis de serem utilizadas em avaliações futuras, foram: altura na garupa, comprimento do corpo, comprimento do antebraço, comprimento da quartela torácica e pélvica, comprimento da perna e comprimento da canela pélvica. Dessas somente os comprimentos da canela e quartela pélvica foram observados em apenas um único momento de avaliação. Essas variáveis indicam a alteração do tamanho dos equinos.

Foram necessárias seis características angulares em todos os momentos de avaliação para descrever até 80% da variação total (Tabela 8). As características excluídas no primeiro momento de avaliação foram: ângulo da cabeça, ângulo escápulo-umeral, ângulo metacarpo-falangeano, ângulo coxo-femoral, ângulo metatarso-falangeando e ângulo escápulo-solo

(Tabela 9). Desse modo, foram selecionadas como representantes do conjunto de mensurações angulares dos potros em estação os ângulos do pescoço, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, femoro-tibial, tíbio-tarso-metatarsiano e coxo-solo.

Tabela 8. Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características angulares dos potros em estação

CP	1º momento de avaliação			2º momento de avaliação			3º momento de avaliação		
	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)	Auto-valor	% VCP	%VCP (acc.)
CP1	2,5731	0,2144	0,2144	2,5673	0,2139	0,2139	2,5310	0,2109	0,2109
CP2	2,1161	0,1763	0,3908	2,0504	0,1709	0,3848	1,9700	0,1642	0,3751
CP3	1,5724	0,1310	0,5218	1,6386	0,1366	0,5214	1,7728	0,1477	0,5228
CP4	1,1597	0,0966	0,6185	1,2196	0,1016	0,6230	1,2752	0,1063	0,6291
CP5	1,0263	0,0855	0,7040	1,1142	0,0929	0,7159	1,2147	0,1012	0,7303
CP6	0,9842	0,0820	0,7860	0,9975	0,0831	0,7990	0,7749	0,0646	0,7949
CP7	0,7116	0,0593	0,8453	0,8123	0,0677	0,8667	0,7445	0,0620	0,8570
CP8	0,6080	0,0507	0,8960	0,5549	0,0462	0,9129	0,6196	0,0516	0,9086
CP9	0,5718	0,0477	0,9436	0,4576	0,0381	0,9511	0,4002	0,0334	0,9420
CP10	0,4147	0,0346	0,9782	0,3446	0,0287	0,9798	0,3693	0,0308	0,9727
CP11	0,1723	0,0144	0,9926	0,1525	0,0127	0,9925	0,2197	0,0183	0,9910

%VCP (acc.) porcentagem da variância acumulada

Tabela 9. Coeficientes de ponderação das variáveis com os componentes principais das 12 variáveis lineares dos potros em estação no primeiro momento de avaliação

Características	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
Ângulo da cabeça	0,153	0,026	-0,021	0,756	0,151	0,077
Ângulo do pescoço	-0,224	0,197	-0,231	0,428	0,113	0,026
Ângulo escápulo-umeral	0,102	-0,316	0,150	-0,245	0,454	-0,488
Ângulo úmero-radial	0,040	-0,236	0,414	0,003	-0,423	0,442
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,571	0,081	-0,354	0,045	0,082	-0,145
Ângulo metacarpo-falangeano	0,580	-0,406	0,076	0,133	-0,043	0,069
Ângulo coxo- femoral	-0,049	-0,235	0,013	-0,112	0,498	0,484
Ângulo femoro- tibial	-0,181	-0,265	-0,172	0,073	-0,459	-0,431
Ângulo tíbio- tarso-metatarsiano	0,187	0,446	0,167	-0,195	0,110	0,059
Ângulo metatarso- falangeando	0,064	0,507	0,314	-0,022	0,024	-0,120
Ângulo escápulo-solo	0,289	0,181	-0,503	-0,309	-0,269	0,244
Ângulo coxo-solo	0,306	0,141	0,460	0,118	-0,169	-0,193

De acordo com os resultados da análise de componentes principais no segundo momento de avaliação os ângulos úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, metacarpo-falangeano, metatarso-falangeando, escápulo-solo e coxo-solo permaneceram (Tabela 10).

Tabela 10. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 12 características lineares dos potros em estação no segundo momento de avaliação

Características	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
Ângulo da cabeça	0,292	0,501	0,497	0,146	0,060	-0,005
Ângulo do pescoço	-0,254	-0,072	0,581	-0,245	-0,028	0,072
Ângulo escápulo-umeral	0,061	-0,212	-0,213	0,043	-0,683	-0,237
Ângulo úmero-radial	0,379	-0,368	-0,027	0,105	0,490	0,219
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	-0,007	0,306	0,050	-0,231	-0,239	0,054
Ângulo metacarpo-falangeano	-0,222	-0,370	0,073	-0,047	0,100	0,114
Ângulo coxo- femoral	0,185	0,105	0,090	-0,122	-0,226	0,626
Ângulo femoro- tibial	0,141	-0,230	0,144	-0,521	0,188	-0,408
Ângulo túbio- tarso-metatarsiano	-0,636	-0,120	0,174	0,423	0,034	0,149
Ângulo metatarso- falangeando	0,366	-0,121	-0,045	0,461	-0,080	0,090
Ângulo escápulo-solo	-0,247	0,444	-0,535	-0,156	0,327	0,095
Ângulo coxo-solo	-0,006	0,207	0,122	0,385	0,146	-0,526

No terceiro momento de avaliação, as variáveis que permaneceram foram similares às do primeiro momento, exceto pela exclusão do ângulo túbio-tarso-metatarsiano e a inclusão do ângulo escápulo-solo (Tabela 11).

Tabela 11. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 12 características lineares dos potros em estação no terceiro momento de avaliação

Características	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12
Ângulo da cabeça	-0,493	0,521	0,215	0,028	0,232	-0,043
Ângulo do pescoço	0,323	0,291	0,064	0,154	0,290	-0,021
Ângulo escápulo-umeral	0,121	-0,163	0,095	-0,172	0,494	0,349
Ângulo úmero-radial	-0,198	-0,060	0,448	0,171	-0,450	-0,262
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	-0,078	0,268	-0,523	-0,083	0,070	0,062
Ângulo metacarpo-falangeano	0,406	0,021	0,541	-0,302	-0,037	-0,004
Ângulo coxo- femoral	-0,160	-0,080	0,011	-0,299	0,348	-0,599
Ângulo femoro- tibial	0,021	-0,037	-0,039	-0,324	-0,317	0,478
Ângulo túbio- tarso-metatarsiano	0,424	0,040	0,067	0,603	0,190	-0,050
Ângulo metatarso- falangeando	-0,288	-0,643	-0,071	0,359	0,136	0,062
Ângulo escápulo-solo	0,284	0,154	-0,372	0,095	-0,359	-0,289
Ângulo coxo-solo	-0,243	0,309	0,156	0,350	-0,062	0,355

As variáveis angulares apresentaram menores correlações do que aquelas observadas nas características lineares (Tabelas 12, 13 e 14), talvez por esse fato, foi necessário maior número das variáveis angulares em relação às lineares para explicar a mesma porcentagem da variação total.

Tabela 12. Coeficientes de correlação entre as características lineares no primeiro momento de avaliação

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Ângulo da cabeça	1,00											
2. Ângulo do pescoço	-0,29	1,00										
3. Ângulo escápulo-umeral	0,42	0,12	1,00									
4. Ângulo úmero-radial	0,24	0,18	0,70	1,00								
5. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	-0,18	0,08	-0,09	0,26	1,00							
6. Ângulo metacarpo-falangeano	-0,29	0,04	-0,29	-0,36	-0,07	1,00						
7. Ângulo coxo- femoral	-0,11	0,10	-0,12	-0,18	0,00	0,07	1,00					
8. Ângulo femoro-tibial	0,13	0,10	0,01	-0,01	-0,08	0,01	0,75	1,00				
9. Ângulo tíbio- tarso-metatarsiano	0,25	-0,05	0,12	0,08	-0,09	-0,04	0,00	0,25	1,00			
10. Ângulo metatarso- falangeando	-0,05	0,14	-0,01	0,08	0,05	0,09	0,29	0,22	-0,13	1,00		
11. Ângulo escápulo-solo	0,41	0,07	0,52	0,09	-0,20	-0,16	0,09	0,17	0,09	0,10	1,00	
12. Ângulo coxo-solo	-0,12	0,09	-0,17	-0,24	-0,08	0,07	0,41	0,08	-0,06	-0,04	0,11	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 13. Coeficientes de correlação entre as características lineares no segundo momento de avaliação

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Ângulo da cabeça	1,00											
2. Ângulo do pescoço	-0,03	1,00										
3. Ângulo escápulo-umeral	0,39	0,30	1,00									
4. Ângulo úmero-radial	0,18	0,22	0,66	1,00								
5. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	-0,02	-0,03	0,03	0,29	1,00							
6. Ângulo metacarpo-falangeano	0,18	0,02	0,19	-0,01	0,12	1,00						
7. Ângulo coxo- femoral	-0,21	-0,12	0,05	0,03	-0,04	-0,11	1,00					
8. Ângulo femoro-tibial	0,09	-0,18	0,14	0,01	0,06	-0,05	0,50	1,00				
9. Ângulo tíbio- tarso-metatarsiano	0,07	-0,09	0,21	0,04	0,14	-0,05	0,15	0,47	1,00			
10. Ângulo metatarso- falangeando	0,05	0,11	-0,01	-0,11	0,06	0,04	0,00	0,36	0,00	1,00		
11. Ângulo escápulo-solo	0,26	0,35	0,60	0,21	0,07	0,15	0,07	0,19	0,22	0,22	1,00	
12. Ângulo coxo-solo	-0,32	0,14	0,07	0,19	0,19	0,04	0,69	0,03	0,02	-0,09	0,10	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 14. Coeficientes de correlação entre as características lineares no terceiro momento de avaliação

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Ângulo da cabeça	1,00											
2. Ângulo do pescoço	-0,19	1,00										
3. Ângulo escápulo-umeral	-0,07	0,14	1,00									
4. Ângulo úmero-radial	-0,12	0,31	0,57	1,00								
5. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,04	0,14	0,06	0,36	1,00							
6. Ângulo metacarpo-falangeano	0,22	-0,02	-0,19	-0,24	0,24	1,00						
7. Ângulo coxo- femoral	-0,19	-0,13	-0,10	-0,10	-0,04	-0,04	1,00					
8. Ângulo femoro-tibial	0,09	-0,08	-0,17	-0,08	0,00	0,07	0,69	1,00				
9. Ângulo tíbio- tarso-metatarsiano	0,02	-0,35	-0,20	-0,18	0,01	0,10	0,33	0,49	1,00			
10. Ângulo metatarso- falangeando	0,26	0,05	-0,07	-0,03	0,18	0,41	0,03	0,14	-0,12	1,00		
11. Ângulo escápulo-solo	0,26	0,11	0,40	-0,05	-0,05	0,24	-0,01	0,11	-0,08	0,29	1,00	
12. Ângulo coxo-solo	-0,20	0,02	-0,10	-0,07	-0,07	-0,01	0,61	0,20	0,03	-0,03	0,11	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Os maiores valores de correlação foram encontrados entre os ângulos escápulo-umeral e úmero-radial e, também, entre os ângulos coxo-femoral e femoro-tibial nos três momentos de coleta de dados. Para estes ângulos, os valores de correlação observados na primeira avaliação foram 0,70 e 0,75, na segunda de 0,66 e 0,55 e na terceira de 0,57 a 0,69, respectivamente.

Variáveis selecionadas por apresentarem maior relevância para o estudo do desempenho de potros apresentaram baixa correlação entre si. No primeiro momento de avaliação, os valores absolutos de correlação variam de 0,01 a 0,26, sendo o maior valor absoluto observado entre os ângulos úmero-radial e rádio-carpo-metacarpiano e o menor entre os ângulos úmero-radial e femoro-tibial. No segundo momento de avaliação o maior valor de correlação foi de 0,29 observados nos ângulos úmero-radial e rádio-carpo-metacarpiano, e menor valor foi de 0,01 observados nos ângulos úmero-radial e metacarpo-falangeano. As correlações entre o ângulo rádio-carpo-metacarpiano e os ângulos úmero-radial e femoro-tibial, de 0,36 e 0,01, respectivamente, foram as de maior e o menor valores absoluto observados no terceiro momento de avaliação.

As características angulares são variáveis mais difíceis de mensurar em relação às lineares, seja por falta do artrogoniômetro (instrumento utilizado para mensurar os ângulos) ou instrumentos para a filmagem (como utilizados no presente trabalho) ou até mesmo a carência de profissionais habilitados para tal finalidade. Dessa forma, são poucos os trabalhos de morfologia de equinos que utilizam medidas angulares. PINTO et al. (2005), avaliando equinos da raça Mangalarga Marchador, verificaram que foram necessários de cinco a sete variáveis angulares para explicar 80% da variação total de potros recém-nascidos aos 12 meses de idade, similar ao presente trabalho. As angulações que mais se repetiram entre as avaliações realizadas ao nascimento, seis e doze meses de idade e entre machos e fêmeas foram escápulo-solo, metacarpo-falangeano, metatarso-falangeano e falange-solo-posterior. CABRAL et al. (2004), pesquisando equinos da mesma raça e mesmo período de avaliação que os autores supracitados, verificaram que os valores das angulações variaram em função do crescimento, porém não evoluíram de forma linear, mas sim, aumentaram e diminuíram a cada mensuração.

No presente estudo, apesar dos potros estarem em idade mais avançada que os avaliados pelos autores supracitados, ainda estavam em fase de crescimento, como pode ser observado pelos valores na altura da cernelha, de 1,50 metros na primeira mensuração e de 1,59 metros na última avaliação.

Em suma, as características angulares selecionadas como resultado das análises de componentes principais nos três momentos de avaliação foram: ângulo do pescoço, ângulo úmero-radial, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, ângulo escápulo-solo, ângulo metacarpo-falangeano, ângulo coxo-solo, ângulo femoro-tibial, ângulo túbio-tarso-metatarsiano e ângulo metatarso-falangeando. Dessas, os ângulos úmero-radial, ângulo rádio-carpo-metacarpiano e ângulo coxo-solo apareceram em todos os momentos de avaliação. A maioria dos ângulos selecionados por maior relevância para o estudo do desempenho de potros são do segmento torácico e principalmente da região dos membros. Os ângulos da cabeça, escápulo-umeral e coxo-femural não foram importantes para representar o conjunto em nenhum momento de avaliação.

Em estudos com equinos das modalidades de adestramento e salto, HOLMSTRÖM (2001) salienta que a boa conformação dos membros pélvicos é caracterizada por uma garupa mais plana e com maior inclinação dos ângulos femoro-tibial e tíbio-tarso-metarsiano. Esse autor ainda cita que não houve diferença significativa nos ângulos escápulo-solo e escápulo-umeral entre os equinos de salto e adestramento com valores médios de 66,5 e 125,0°, respectivamente.

As variáveis avaliadas durante o salto de obstáculo foram agrupadas em duas categorias, características de desempenho e características inerentes aos potros. As características de desempenho estão relacionadas à qualidade do salto do potro e ao tipo e altura do obstáculo, propriamente dito. Por outro lado, as características inerentes ao potro são mensuradas exclusivamente no corpo do animal durante o salto de obstáculo e permitem qualificar o gesto do salto de acordo com a morfologia dos potros. Todas as características do segmento torácico foram mensuradas no momento em que o boleto torácico esquerdo estava sobre a vara do obstáculo, e as do segmento pélvico quando o boleto pélvico esquerdo estava sobre a vara do obstáculo (GODOI et al., 2012 a).

As análises de componentes principais das características de desempenho de potros durante o salto de obstáculo evidenciaram serem necessárias apenas quatro variáveis de um total de 11, em todos os momentos de avaliação, para descrever até 80% da variação total (Tabela 15). Dessas, a altura da pinça do membro torácico sobre o obstáculo se apresentou candidata nos três momentos de avaliação (Tabelas 16, 17 e 18), indicando que essa característica é mais importante para descrever a variação do salto nas diferentes idades e altura de obstáculo. Essa característica está relacionada com a probabilidade de cometer faltas, pois quando mais distante a pinça estiver da vara, menor a possibilidade de derrube do obstáculo. As demais características foram, no primeiro momento de avaliação, amplitude da passada anterior ao obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo e distância da batida, no segundo momento amplitude da passada anterior ao obstáculo, amplitude da passada sobre o obstáculo e deslocamento horizontal da cernelha no salto e, no terceiro momento velocidade da passada anterior ao obstáculo e as distâncias da batida e da recepção.

De acordo com os critérios adotados para a seleção de características com maior relevância para o estudo do desempenho desportivo, a altura dos membros pélvicos sobre o obstáculo não foi selecionada nos três momentos de avaliação, permanecendo no último componente principal a ser excluído (CP5). Tal como a altura da pinça sobre o obstáculo, essa característica visa verificar a possibilidade de derrube da vara do obstáculo, porém com os membros posteriores.

Tabela 15. Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo

CP	Primeira avaliação			Segunda avaliação			Terceira avaliação		
	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)
CP1	3,1132	0,2830	0,2830	3,2277	0,2934	0,2934	3,5060	0,3187	0,3187
CP2	2,5962	0,2360	0,5190	2,9354	0,2669	0,5603	2,4151	0,2196	0,5383
CP3	1,5926	0,1448	0,6638	1,3761	0,1251	0,6854	1,1893	0,1081	0,6464
CP4	1,0164	0,0924	0,7562	1,1501	0,1046	0,7899	1,0749	0,0977	0,7441
CP5	0,6774	0,0616	0,8177	0,6789	0,0617	0,8517	0,8116	0,0738	0,8179
CP6	0,6059	0,0551	0,8728	0,5509	0,0501	0,9017	0,6245	0,0568	0,8747
CP7	0,4589	0,0417	0,9146	0,3805	0,0346	0,9363	0,5177	0,0471	0,9218
CP8	0,3555	0,0323	0,9469	0,3074	0,0279	0,9643	0,3280	0,0298	0,9516
CP9	0,2696	0,0245	0,9714	0,1841	0,0167	0,9810	0,2199	0,0200	0,9716
CP10	0,1613	0,0147	0,9860	0,1257	0,0114	0,9924	0,1791	0,0163	0,9879
CP11	0,1535	0,0140	1,0000	0,0832	0,0076	1,0000	0,1335	0,0121	1,0000

%VCP (acc.) porcentagem da variância acumulada

Tabela 16. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação

Características	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Amplitude da passada anterior obstáculo	0,232	-0,289	0,307	0,490	-0,346	-0,032	0,026
Velocidade da passada anterior obstáculo	0,068	-0,178	-0,064	-0,591	0,433	-0,117	-0,026
Amplitude da passada sobre o obstáculo	0,236	0,186	0,082	-0,100	-0,309	-0,477	-0,435
Velocidade da passada sobre o obstáculo	-0,176	0,445	-0,086	0,424	0,357	0,145	0,243
Distância da batida	0,276	-0,297	0,509	-0,120	0,147	0,391	0,187
Distância da recepção	-0,077	-0,102	-0,334	-0,198	-0,467	0,472	0,204
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,377	0,270	0,178	0,008	0,003	0,342	-0,538
Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,285	0,140	0,051	-0,120	-0,223	-0,416	0,588
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	0,714	0,308	-0,345	0,116	0,151	0,072	0,063
Altura máxima cernelha no salto	-0,190	-0,580	-0,315	0,371	0,317	-0,216	-0,128
Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,010	0,165	0,513	0,025	0,238	-0,137	0,131

Tabela 17. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação

Características	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Amplitude da passada anterior obstáculo	0,130	0,466	-0,440	0,019	0,120	0,042	-0,014
Velocidade da passada anterior obstáculo	0,066	-0,358	0,661	0,099	-0,035	0,017	-0,037
Amplitude da passada sobre o obstáculo	-0,168	0,035	-0,114	-0,087	-0,193	0,565	-0,512
Velocidades da passada sobre o obstáculo	-0,076	-0,177	-0,239	0,064	-0,107	0,034	0,741
Distância da batida	-0,090	0,473	0,324	0,366	0,241	-0,169	0,039
Distância da recepção	0,133	-0,012	-0,079	-0,316	0,291	-0,636	-0,265
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	0,325	-0,382	-0,245	0,366	0,504	0,230	-0,013
Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	0,195	-0,094	-0,173	0,115	-0,702	-0,324	-0,065
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,832	-0,002	-0,058	0,113	0,073	-0,108	0,041
Altura máxima da cernelha no salto	0,142	0,244	0,240	-0,646	0,063	0,257	0,323
Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,248	0,426	0,188	0,405	-0,187	0,092	0,073

O conjunto de características selecionadas para os três momentos de avaliação apresentaram baixa correlação entre si. As maiores correlações foram observadas entre distância da batida e altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo, de 0,31, no primeiro momento de avaliação (Tabela 19); entre amplitude da passada anterior ao obstáculo e altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo, de -0,27, no segundo momento de avaliação (Tabela 20) e, no terceiro momento de avaliação, entre velocidade da passada anterior ao obstáculo e distância da recepção, de 0,53 (Tabela 21). Já, as menores correlações, no primeiro, segundo e terceiro momentos de avaliação foram respectivamente entre amplitude da passada anterior ao obstáculo e altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (-0,04); entre amplitude da passada anterior ao obstáculo e deslocamento horizontal da cernelha no salto (-0,01) e entre altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo e distância da recepção (-0,07).

Tabela 18. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais das 11 características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação

Características	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Amplitude da passada anterior obstáculo	0,152	-0,158	0,529	-0,281	-0,103	-0,015	0,041
Velocidade da passada anterior obstáculo	0,290	-0,013	0,045	0,540	0,238	0,007	-0,061
Amplitude da passada sobre o obstáculo	-0,021	0,138	0,083	-0,067	-0,009	-0,162	-0,736
Velocidades da passada sobre o obstáculo	-0,196	0,384	-0,108	-0,153	-0,010	0,672	0,282
Distância da batida	-0,009	-0,308	0,181	0,377	0,2083	0,043	0,308
Distância da recepção	-0,132	0,025	-0,099	-0,140	-0,158	-0,611	0,503
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,483	0,281	0,137	-0,093	0,596	-0,069	-0,015
Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,283	0,151	-0,089	0,240	-0,710	0,082	-0,055
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	0,656	0,451	0,346	0,061	-0,008	0,063	0,138
Altura máxima da cernelha no salto	0,230	-0,439	-0,382	-0,543	0,0410	0,229	-0,018
Deslocamento horizontal da cernelha no salto	-0,195	-0,462	0,395	0,271	-0,045	0,281	-0,052

Tabela 19. Coeficientes de correlação entre as características de desempenho durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Amplitude da passada anterior obstáculo	1,00										
2. Velocidade da passada anterior obstáculo	0,62	1,00									
3. Amplitude da passada sobre o obstáculo	-0,11	0,12	1,00								
4. Velocidades da passada sobre o obstáculo	0,23	0,40	0,53	1,00							
5. Distância da batida	-0,30	-0,24	0,46	-0,08	1,00						
6. Distância da recepção	0,05	0,30	0,62	0,44	0,05	1,00					
7. Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,04	-0,03	0,02	-0,13	0,31	-0,02	1,00				
8. Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,17	-0,14	0,08	-0,20	0,46	-0,06	0,80	1,00			
9. Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,11	-0,15	0,08	-0,29	0,31	-0,06	0,44	0,48	1,00		
10. Altura máxima da cernelha no salto	-0,24	-0,14	0,36	-0,03	0,50	0,41	0,37	0,44	0,27	1,00	
11. Deslocamento horizontal da cernelha no salto	-0,05	0,02	0,28	0,13	-0,08	0,51	-0,07	-0,20	-0,04	0,17	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 20. Coeficientes de correlação entre as características de desempenho durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Amplitude da passada anterior obstáculo	1,00										
2. Velocidade da passada anterior obstáculo	0,50	1,00									
3. Amplitude da passada sobre o obstáculo	0,06	0,35	1,00								
4. Velocidades da passada sobre o obstáculo	0,20	0,48	0,82	1,00							
5. Distância da batida	-0,13	-0,09	0,39	0,14	1,00						
6. Distância da recepção	0,08	0,39	0,76	0,75	0,07	1,00					
7. Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,27	-0,09	0,16	-0,08	0,28	0,19	1,00				
8. Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,16	-0,09	0,19	-0,11	0,48	0,07	0,76	1,00			
9. Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,09	0,01	0,17	-0,06	0,06	0,13	0,36	0,36	1,00		
10. Altura máxima da cernelha no salto	-0,21	-0,13	0,17	-0,20	0,38	0,18	0,65	0,73	0,44	1,00	
11.Deslocamento horizontal da cernelha no salto	-0,01	0,09	0,21	0,19	-0,27	0,49	0,07	-0,12	0,17	0,09	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 21. Coeficientes de correlação entre as características de desempenho durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Amplitude da passada anterior obstáculo	1,00										
2. Velocidade da passada anterior obstáculo	0,48	1,00									
3. Amplitude da passada sobre o obstáculo	0,25	0,39	1,00								
4. Velocidades da passada sobre o obstáculo	0,32	0,45	0,69	1,00							
5. Distância da batida	-0,07	-0,21	0,26	-0,14	1,00						
6. Distância da recepção	0,24	0,53	0,75	0,68	-0,10	1,00					
7. Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,11	-0,12	-0,11	-0,28	0,17	-0,07	1,00				
8. Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,14	-0,11	-0,12	-0,37	0,37	-0,17	0,72	1,00			
9. Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,18	-0,02	0,07	-0,25	0,15	-0,01	0,29	0,32	1,00		
10. Altura máxima da cernelha no salto	-0,12	0,07	0,10	-0,28	0,36	0,10	0,42	0,51	0,42	1,00	
11. Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,09	0,29	0,33	0,26	-0,24	0,57	0,01	-0,16	0,02	0,08	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Esses resultados corroboram com os de YAMAKI et al. (2009) que observaram serem as variáveis selecionadas pela análise de componentes principais as de menor correlação entre si, indicando que cada variável selecionada seria a representante de outras relacionadas a um tipo de informação biológica semelhante. A ação conjunta das variáveis selecionadas se complementam para descrição geral dos indivíduos ou das populações estudados. Esses autores ainda verificaram que as variáveis sugeridas para descarte tendem a apresentar correlação linear simples importante com as selecionadas. Esse fato também foi observado no presente trabalho. Como exemplo, a correlação alta e positiva entre altura da pinça torácica e boleto torácico sobre o obstáculo, de 0,80 a 0,72, sugerindo que em trabalhos futuros, apenas uma delas deva ser mensurada, pois são redundantes. Na análise de componentes principais, a altura da pinça torácica sobre o obstáculo foi selecionada nos três momentos de avaliação.

Uma observação importante a partir dos resultados das correlações para os três momentos de avaliação foi o sinal negativo entre a amplitude da passada anterior ao obstáculo e as variáveis distância da batida, altura do boleto e da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo que variam de -0,04 a -0,30, indicando que a amplitude da passada anterior ao obstáculo está relacionada com a distância da batida e a altura dos membros sobre o obstáculo de forma tênue e negativa, o que não era o esperado, pois tem sido relatado que as características de preparação para o salto (amplitude da passada anterior ao obstáculo e distância da batida) estão associadas. A possível explicação para tal seria a utilização de um obstáculo de referência antes do obstáculo principal. Porém, esse tipo de linha de salto é uma prática comum, principalmente em se tratando de equinos inexperientes e, que visa a maior segurança dos mesmos, tanto durante o treinamento como nas pesquisas (POWERS & HARRISON, 2000; BOBBERT & SANTAMARÍA, 2005; SANTAMARÍA et al., 2006; LEWCZUK et al., 2006; SCHLUP, 2006; LEWCZUK, 2008 e SCHLUP, 2010).

POWERS & HARRISON (2000) verificaram diferença na distância da batida entre equinos com melhor e pior desempenho durante o salto utilizando o obstáculo de referência. GODOI et al. (2012b), avaliando equinos durante o salto de obstáculo nas mesmas circunstâncias do presente trabalho, verificaram que amplitude da passada anterior ao obstáculo apresentou baixa repetibilidade, de 0,15 a 0,33, indicando que essa variável é mais sujeita a efeitos de ambiente temporários.

A distância da batida apresentou correlações positivas e moderada com altura do boleto e pinça torácica esquerda sobre o obstáculo, nos três momentos de avaliação, variando de 0,17 a 0,48. Já, com a variável de desempenho altura do membro esquerdo torácico sobre o obstáculo os valores foram um pouco menores, de 0,06 a 0,31, indicando que durante o salto a distância da batida está mais associada com o gesto dos membros torácicos do que com os dos pélvicos.

De acordo com as análises de componentes principais, a altura máxima da cernelha no salto foi excluída, provavelmente pelo fato de apresentar correlações de moderadas a elevadas com as alturas dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo, variando de 0,27 a 0,72, nos três momentos de avaliação. POWERS & HARRISON (2000) verificaram que os melhores equinos apresentavam menor altura do centro de gravidade durante o salto em relação aos piores. Essa variável, no presente trabalho, não foi aferida, porém a característica altura máxima da cernelha no salto poderia ser considerada com uma variável próxima ao

centro de gravidade. Porém, SCHLUP (2009) não verificou diferença na altura máxima da cernelha no salto em equinos antes e após cinco meses de treinamento. Assim, pode-se inferir que a altura com que o animal ultrapassa o obstáculo é menos importante como causa do derrube do obstáculo do que a altura dos membros sobre o obstáculo. Desse modo, não é desejável para o sucesso do salto que os equinos projetem seu corpo muito acima da altura necessária para ultrapassar o obstáculo sem apresentar adequada flexão dos membros.

Nas características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo foram necessárias cinco variáveis em cada momento de avaliação para explicar 80% da variação total (Tabela 22). De forma geral, três pertenciam ao segmento torácico e duas ao pélvico.

No primeiro momento de avaliação as características selecionadas foram ângulo úmero-radial, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico, ângulo do pescoço e ângulo femoro-tibial (Tabela 23). As primeiras três características estão relacionadas com o recolhimento dos membros torácicos, sendo desejado o menor valor para o maior recolhimento e, com isso, menor a possibilidade de derrube do obstáculo. POWERS & HARRISON (2000), avaliando equinos de três a cinco anos durante o salto em liberdade, verificaram que os cavalos que se destacaram como melhores saltadores apresentaram maior flexão dos membros torácicos do que os equinos considerados como piores saltadores.

Tabela 22. Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características de inerentes dos potros durante o salto de obstáculo

CP	Primeira avaliação			Segunda avaliação			Terceira avaliação		
	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)
CP1	3,6178	0,2584	0,2584	2,9457	0,2104	0,2104	3,1391	0,2242	0,2242
CP2	2,2128	0,1581	0,4165	2,6428	0,1888	0,3992	2,7439	0,1960	0,4202
CP3	1,9861	0,1419	0,5583	2,1717	0,1551	0,5543	2,0728	0,1481	0,5683
CP4	1,6131	0,1152	0,6736	1,8117	0,1294	0,6837	1,7501	0,1250	0,6933
CP5	1,1944	0,0853	0,7589	1,3805	0,0986	0,7823	1,4349	0,1025	0,7958
CP6	1,0633	0,0759	0,8348	1,0651	0,0761	0,8584	1,2180	0,0870	0,8828
CP7	0,7160	0,0511	0,8860	0,4521	0,0323	0,8907	0,3840	0,0274	0,9102
CP8	0,3946	0,0282	0,9142	0,3756	0,0268	0,9175	0,3398	0,0243	0,9345
CP9	0,3249	0,0232	0,9374	0,3596	0,0257	0,9432	0,3110	0,0222	0,9567
CP10	0,3116	0,0223	0,9596	0,2918	0,0208	0,9641	0,2477	0,0177	0,9744
CP11	0,2576	0,0184	0,9780	0,2351	0,0168	0,9808	0,1965	0,0140	0,9884
CP12	0,1589	0,0114	0,9894	0,1282	0,0092	0,9900	0,0790	0,0056	0,9941
CP13	0,0941	0,0067	0,9961	0,0873	0,0062	0,9962	0,0500	0,0036	0,9976
CP14	0,0545	0,0039	1,0000	0,0527	0,0038	1,0000	0,0332	0,0024	1,0000

%VCP (acc.) porcentagem da variância acumulada

Tabela 23. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação

Características	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14
Distância vertical articulação úmero-radial ao boleto torácico	-0,140	-0,057	-0,189	-0,145	0,146	0,021	0,459	-0,087	-0,578
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,233	-0,045	0,013	0,060	0,175	0,053	-0,617	0,001	-0,322
Distância vertical escápula-boleto	-0,199	-0,072	-0,238	-0,361	-0,041	0,150	-0,208	0,088	0,609
Distância vertical soldra-boleto	-0,377	-0,066	-0,015	0,460	-0,081	0,548	0,094	0,067	0,002
Ângulo escápulo-umeral A	-0,205	0,096	0,413	-0,472	-0,041	0,327	0,093	-0,016	-0,08
Ângulo escápulo-umeral B	-0,285	0,110	-0,557	0,316	0,075	-0,256	-0,045	-0,036	0,038
Ângulo úmero-radial	-0,219	-0,045	0,476	0,294	-0,516	-0,312	-0,193	0,030	-0,086
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,315	0,002	0,112	0,151	-0,145	-0,206	0,549	0,032	0,330
Ângulo do pescoço	-0,041	0,043	0,279	0,283	0,412	-0,101	0,015	0,025	0,151
Ângulo da cabeça	0,008	0,099	0,302	0,175	0,641	0,090	0,032	-0,009	0,167
Ângulo coxo-femoral	0,317	-0,829	-0,017	0,021	0,044	0,033	0,008	-0,147	0,031
Ângulo femoro-tibial	0,013	0,082	0,014	-0,233	0,154	-0,417	-0,007	0,572	-0,090
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	0,237	0,401	-0,011	-0,059	-0,046	-0,079	-0,060	-0,689	0,055
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	0,560	0,307	-0,125	0,176	-0,190	0,403	0,010	0,389	-0,051

O ângulo do pescoço está diretamente relacionado ao movimento de báscula durante a trajetória de vôo e acompanha as fases do salto, proporcionando maior equilíbrio para o equino, tanto na decolagem quanto na aterrissagem. Já, o ângulo femoro-tibial está relacionando com o movimento dos membros pélvicos dos potros durante o salto de obstáculo. SANTAMARÍA et al. (2006) analisaram a biomecânica do salto em equinos aos seis meses, quatro anos e cinco anos e verificaram que os melhores saltadores apresentavam menor valor do ângulo femoro-tibial. No entanto, SCHLUP (2010) contesta este achado e afirma que, de acordo com o movimento dos membros pélvicos dos equinos durante o salto, o ângulo femoro-tibial deve ser maior nos melhores cavalos de salto. Esse autor se baseia no fato de que a redução desse ângulo irá proporcionar um salto com os membros pélvicos “embutidos”, ou seja, o animal recolhe o membro na direção do seu corpo e não o arremessa para trás, como é o desejado. A observação desse autor pode ser confirmada pela análise do ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico, que representa o movimento conjunto de coluna e membros posteriores, sendo desejado o maior valor. De acordo com os critérios adotados para a seleção de variáveis com maior relevância, essa característica não foi selecionada, permanecendo no último componente principal a ser excluído (CP5).

No segundo momento de avaliação as características selecionadas foram distância escápula-boleto, ângulo escápulo-umeral A, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, ângulo femoro-tibial e ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico (Tabela 24). As três primeiras características, assim como no primeiro momento de avaliação, estão relacionadas com a flexão dos membros torácicos e o ângulo escápulo-umeral A está relacionado com a força utilizada pelo equino para transpor o obstáculo. Esse ângulo faz a ligação do pescoço e do antebraço ao tronco. Não existem trabalhos na literatura que expliquem a função desse ângulo durante o salto de obstáculo. SCHLUP (2010), avaliando equinos antes e após cinco meses de treinamento, verificou que a angulação escápulo-umeral foi a que apresentou maior influência do treinamento, porém não explicou o motivo.

O ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico está relacionado com o movimento da coluna do animal e a suspensão dos membros pélvicos durante o salto para evitar o toque no obstáculo. SANTAMARÍA et al. (2006) afirmaram que os cavalos classificados como melhores saltadores apresentaram maiores valores do ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico. BURITY (2010) verificou que essa foi uma das duas únicas variáveis que foram influenciadas pelo uso de boleadeiras de peso, aparato colocado nos boletos posteriores dos equinos que visa a proteção (quando não há peso) ou comumente utilizado para alterar o movimento dos membros pélvicos durante o salto de obstáculo (quando há peso).

No terceiro momento de avaliação, as características selecionadas foram o ângulo da cabeça, ângulo do pescoço, ângulo escápulo-umeral B, distância vertical soldra-boleto e ângulo tíbio-tarso-metatarsiano (Tabela 25). As primeiras três características estão interligadas devido às estruturas ósseas e musculares, sendo responsáveis pelo equilíbrio e força para que o equino ultrapasse o obstáculo sem derrubá-lo. Para essas características, há poucas informações na literatura sobre essas características, mas é conhecido que o movimento de cabeça e pescoço dos cavalos é importante durante o salto de obstáculo.

Tabela 24. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação

Características	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico	-0,224	-0,073	-0,114	-0,139	0,258	0,128	-0,063	-0,714	0,010
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,316	0,008	0,059	0,136	0,020	0,001	-0,058	0,062	-0,715
Distância vertical escápula-boleto	-0,299	-0,124	-0,058	-0,496	-0,188	0,025	0,053	0,560	0,061
Distância vertical soldra-boleto	-0,176	0,193	0,246	0,044	-0,377	0,560	0,061	-0,112	0,012
Ângulo escápulo-umeral A	0,039	-0,229	0,612	-0,278	0,129	-0,058	0,007	-0,097	-0,005
Ângulo escápulo-umeral B	0,152	0,156	-0,648	0,036	-0,155	0,037	0,000	-0,015	-0,007
Ângulo úmero-radial	-0,249	0,272	0,286	0,526	-0,291	-0,399	0,001	0,023	-0,066
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,333	0,083	0,086	0,206	0,009	-0,084	0,081	0,004	0,684
Ângulo do pescoço	-0,552	0,063	-0,065	0,338	0,341	0,340	0,020	0,178	0,009
Ângulo da cabeça	0,346	-0,096	0,098	0,258	0,468	0,394	-0,039	0,320	0,037
Ângulo coxo-femoral	0,197	0,686	0,106	-0,338	0,112	0,050	-0,242	-0,002	0,006
Ângulo femoro-tibial	-0,078	-0,044	-0,079	-0,031	-0,346	-0,036	0,551	0,012	-0,059
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	0,032	-0,506	-0,066	0,136	-0,172	-0,058	-0,560	-0,014	0,077
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	0,249	-0,206	0,018	0,040	-0,364	0,304	0,549	-0,127	-0,041

Tabela 25. Coeficientes de ponderação das variáveis com os componentes principais para explicar a variação total das 14 variáveis inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação

Características	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico	-0,218	-0,141	-0,057	-0,242	0,149	0,024	-0,052	-0,307	-0,666
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,304	0,019	-0,037	0,164	0,028	0,013	-0,009	0,689	-0,255
Distância vertical escápula-boleto	-0,159	-0,072	0,046	-0,502	-0,062	-0,100	0,078	0,157	0,602
Distância vertical soldra-boleto	-0,273	0,461	0,431	0,005	0,095	0,229	-0,113	-0,009	-0,028
Ângulo escápulo-umeral A	0,379	0,108	-0,256	-0,267	-0,335	0,494	0,014	0,026	-0,090
Ângulo escápulo-umeral B	0,398	-0,118	0,271	0,077	0,413	-0,479	-0,014	-0,007	0,002
Ângulo úmero-radial	-0,190	0,128	0,017	0,606	-0,491	-0,141	-0,081	0,064	0,033
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,407	0,063	-0,016	0,271	-0,024	0,102	-0,038	-0,621	0,242
Ângulo do pescoço	-0,374	-0,055	-0,188	0,288	0,465	0,274	0,045	0,049	0,142
Ângulo da cabeça	0,187	-0,046	-0,100	0,182	0,420	0,468	0,036	0,103	0,167
Ângulo coxo-femoral	0,148	-0,500	0,573	0,006	-0,140	0,266	-0,178	0,027	-0,021
Ângulo femoro-tibial	0,041	-0,173	-0,257	0,081	-0,045	-0,138	0,663	-0,049	-0,049
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	0,135	0,192	-0,403	-0,095	0,117	-0,217	-0,621	0,014	0,046
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	0,200	0,628	0,256	-0,117	0,106	-0,033	0,332	-0,005	-0,087

A distância vertical soldra-boleto e o ângulo tíbio-tarso-metatarsiano são indicativos do movimento dos membros pélvicos durante o salto de obstáculo. A distância vertical soldra-boleto não possui referências na literatura e o objetivo da sua mensuração foi verificar como seria efetuado o recolhimento dos membros. O desejado para essa característica não é um valor muito pequeno, pois isso estaria indicando membros “embutidos”, ou seja, perto do corpo, sendo que o que se deseja é que os potros que possam elevar os membros pélvicos para trás, na tentativa de evitar a falta e se preparar para a aterrissagem. Essa pressuposição é verificada na análise de correlação (Tabela 26), pois essa característica apresentou correlação negativa com o ângulo cernelha-garupa-boleto pélvico (-0,46).

O ângulo tíbio-tarso-metatarsiano está relacionado com a flexão dos membros pélvicos, onde se deseja o menor valor para evitar o toque no obstáculo. Essa característica é influenciada pelo treinamento, pois SCHLUP (2010) verificou alteração significativa no valor dessa variável, reduzindo-a, de 89,1° antes do treinamento, para 82,7° após o treinamento. As correlações entre as variáveis inerentes aos potros nos três momentos de avaliação apresentaram baixa correlação entre si, exceto no primeiro momento de avaliação, entre a distância vertical articulação úmero-radial ao boleto torácico e o ângulo rádio-carpo-metacarpiano (0,66) e entre os ângulos da cabeça e do pescoço (-0,53), no terceiro momento de avaliação (Tabelas 26, 27 e 28).

Tabela 26. Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no primeiro momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico	1,00													
2. Distância da articulação úmero-radial ao bolete torácico	0,05	1,00												
3. Distância vertical escápula-bolete	0,90	0,12	1,00											
4. Distância vertical soldra-bolete	0,10	0,14	0,19	1,00										
5. Ângulo escápulo-umeral A	-0,18	0,19	-0,12	-0,09	1,00									
6. Ângulo escápulo-umeral B	0,01	0,03	0,01	-0,15	0,61	1,00								
7. Ângulo úmero-radial	0,66	-0,20	0,64	0,02	-0,03	0,13	1,00							
8. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	-0,05	0,84	-0,06	0,07	0,21	0,04	-0,23	1,00						
9. Ângulo do pescoço	0,14	0,05	0,09	0,01	0,22	0,10	0,00	-0,04	1,00					
10. Ângulo da cabeça	0,37	-0,21	0,29	-0,14	-0,17	0,04	0,51	-0,23	-0,45	1,00				
11. Ângulo coxo-femoral	0,19	-0,13	0,18	0,03	0,05	0,09	0,26	-0,14	0,07	0,13	1,00			
12. Ângulo femoro-tibial	0,20	-0,05	0,26	0,60	-0,09	-0,15	0,14	-0,07	0,02	0,04	0,31	1,00		
13. Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	0,35	-0,06	0,37	0,41	-0,13	-0,13	0,29	-0,09	0,09	0,14	0,26	0,79	1,00	
14. Ângulo cernelha-garupa-bolete-pélvico	0,32	-0,18	0,26	-0,35	-0,02	0,13	0,37	-0,17	0,12	0,31	0,35	0,04	0,43	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 27. Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no segundo momento de avaliação

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.Distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico	1,00													
2.Distância da articulação úmero-radial ao bolete torácico	0,24	1,00												
3.Distância vertical escápula-bolete	0,86	0,30	1,00											
4.Distância vertical soldra-bolete	-0,12	0,23	-0,01	1,00										
5.Ângulo escápulo-umeral A	-0,18	-0,02	-0,09	-0,10	1,00									
6.Ângulo escápulo-umeral B	0,00	0,03	0,02	-0,03	0,58	1,00								
7.Ângulo úmero-radial	0,59	-0,20	0,50	-0,22	0,03	0,16	1,00							
8.Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,20	0,94	0,25	0,21	0,01	0,05	-0,19	1,00						
9.Ângulo do pescoço	-0,11	0,00	-0,05	-0,09	0,28	0,09	-0,05	0,02	1,00					
10.Ângulo da cabeça	0,44	-0,19	0,23	-0,18	-0,09	0,11	0,51	-0,21	-0,54	1,00				
11.Ângulo coxo-femoral	-0,02	-0,16	-0,03	-0,17	0,00	0,02	0,19	-0,15	0,13	0,13	1,00			
12.Ângulo femoro-tibial	-0,07	0,05	-0,02	0,54	-0,11	-0,02	-0,09	0,03	0,04	-0,04	0,33	1,00		
13.Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	-0,05	-0,03	0,00	0,16	-0,02	0,00	0,04	-0,06	0,17	0,03	0,49	0,68	1,00	
14.Ângulo cernelha-garupa-bolete-pélvico	0,08	-0,24	0,05	-0,58	0,06	0,02	0,31	-0,23	0,11	0,27	0,59	-0,11	0,41	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 28. Coeficientes de correlação entre as características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo no terceiro momento de avaliação

Características	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico	1,00													
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,36	1,00												
Distância vertical escápula-boleto	0,93	0,45	1,00											
Distância vertical soldra-boleto	-0,05	0,07	0,03	1,00										
Ângulo escápulo-umeral A	-0,14	-0,22	-0,07	0,00	1,00									
Ângulo escápulo-umeral B	-0,01	-0,14	0,02	0,03	0,73	1,00								
Ângulo úmero-radial	0,63	-0,12	0,54	-0,10	0,16	0,24	1,00							
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,30	0,94	0,37	0,01	-0,14	-0,09	-0,12	1,00						
Ângulo do pescoço	0,09	-0,16	0,08	0,00	0,22	0,08	0,19	-0,19	1,00					
Ângulo da cabeça	0,36	-0,06	0,21	-0,20	-0,13	0,06	0,38	-0,04	-0,53	1,00				
Ângulo coxo-femoral	-0,07	-0,19	-0,04	-0,12	0,03	-0,04	0,10	-0,15	0,23	-0,04	1,00			
Ângulo femoro-tibial	-0,11	-0,10	-0,06	0,40	0,04	-0,04	0,02	-0,11	0,09	-0,03	0,57	1,00		
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	-0,07	-0,19	-0,05	0,06	0,05	-0,09	0,09	-0,17	0,15	0,06	0,66	0,79	1,00	
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	0,10	-0,13	0,10	-0,46	0,01	0,08	0,28	-0,08	0,17	0,16	0,52	0,06	0,48	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Na análise geral, considerando as observações dos três momentos de avaliação, foram necessários quatro e cinco componentes principais para explicar até 80% da variação total das características de desempenho e inerentes aos potros, respectivamente (Tabela 29).

Tabela 29. Componentes principais (CP), autovalores e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) das características dos potros no salto na análise geral

CP	Características de desempenho			Características inerentes ao potro		
	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)	Autovalor	% VCP	%VCP (acc.)
CP1	3,3825	0,3075	0,3075	2,8426	0,2030	0,2030
CP2	2,4906	0,2264	0,5339	2,4514	0,1751	0,3781
CP3	1,2332	0,1121	0,6460	2,0422	0,1459	0,5240
CP4	1,1628	0,1057	0,7517	1,7687	0,1263	0,6504
CP5	0,7299	0,0664	0,8181	1,4130	0,1009	0,7513
CP6	0,6935	0,0631	0,8812	1,1026	0,0788	0,8301
CP7	0,4392	0,0399	0,9211	0,8130	0,0581	0,8881
CP8	0,3449	0,0314	0,9525	0,3570	0,0255	0,9136
CP9	0,2261	0,0206	0,9730	0,3510	0,0251	0,9387
CP10	0,1765	0,0160	0,9891	0,3055	0,0218	0,9605
CP11	0,1203	0,0109	1,0000	0,2670	0,0191	0,9796
CP12	-	-	-	0,1244	0,0089	0,9885
CP13	-	-	-	0,0992	0,0071	0,9956
CP14	-	-	-	0,0619	0,0044	1,0000

%VCP (acc.) porcentagem da variância acumulada

As características de desempenho selecionadas foram amplitude da passada anterior ao obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo, distância da batida, altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo e deslocamento horizontal da cernelha no salto. As características inerentes aos potros selecionadas foram distância vertical escápula-boleto e os ângulos escápulo-umeral B, rádio-carpo-metacarpiano, tíbio-tarso-metatarsiano e cernelha-garupa-boleto-pélvico (Tabelas 30 e 31).

Todas as características apresentadas na análise geral também apareceram em algum momento nas análises de componentes principais dos momentos de avaliação separadamente, e já foram discutidas torácicamente. As características selecionadas, em ambos os grupos, apresentaram correlação baixa entre si, variando em valores absolutos de 0,02 a 0,32 (Tabela 32 e 33).

Vale ressaltar que as características relacionadas diretamente ou indiretamente com o recolhimento dos membros torácicos ou pélvicos, em todos os resultados das análises de componentes principais das variáveis relacionadas com o salto de obstáculo, foram selecionadas como variáveis regressoras em pesquisas futuras.

A partir das análises de componentes principais das características angulares dos potros em estação e das características inerentes aos potros durante o salto de obstáculo, observou-se que houve similaridade entre os ângulos selecionados em estação e no salto, sendo eles os

ângulos do pescoço, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, femoro-tibial, tíbio-tarso-metatarsiano, indicando que a quantificação dos ângulos em estação pode influenciar o desempenho dos equinos durante o salto de obstáculo.

Tabela 30. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características de desempenho dos potros no salto na avaliação geral

Características	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11
Amplitude da passada anterior obstáculo	0,328	0,480	-0,410	-0,075	-0,028	0,023
Velocidade da passada anterior obstáculo	-0,014	-0,290	0,694	0,059	0,016	-0,105
Amplitude da passada sobre o obstáculo	-0,144	0,063	-0,140	-0,146	0,040	-0,717
Velocidades da passada sobre o obstáculo	-0,297	-0,177	-0,298	0,596	0,141	0,364
Distância da batida	0,267	0,410	0,369	0,111	-0,130	0,279
Distância da recepção	-0,068	-0,063	-0,012	-0,636	-0,189	0,471
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,279	0,117	-0,060	0,186	-0,600	-0,127
Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,171	0,091	-0,016	-0,177	0,729	0,059
Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,364	0,032	-0,045	0,056	-0,041	0,141
Altura máxima da cernelha no salto	0,656	-0,521	-0,219	0,131	-0,020	-0,017
Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,192	0,429	0,228	0,333	0,178	-0,049

Tabela 31. Coeficientes de ponderação das características com os componentes principais para explicar a variação total das 14 características inerentes aos potros no salto na avaliação geral

Características	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10	CP11	CP12	CP13	CP14
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico	-0,224	-0,149	-0,054	-0,233	0,156	0,091	-0,124	-0,561	-0,442
Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,278	0,057	0,092	0,006	0,047	0,045	-0,005	0,531	-0,494
Distância vertical escápula-boleto	-0,252	-0,107	-0,304	-0,200	0,079	-0,373	0,098	0,348	0,469
Distância vertical soldra-boleto	-0,315	0,279	0,215	0,381	0,449	-0,192	0,042	-0,066	-0,020
Ângulo escápulo-umeral A	0,038	0,275	0,199	-0,249	-0,197	-0,524	0,171	-0,158	-0,155
Ângulo escápulo-umeral B	0,116	0,067	-0,501	0,089	0,327	0,384	-0,201	0,051	0,040
Ângulo úmero-radial	-0,180	0,026	0,142	0,595	-0,513	0,159	0,014	0,123	-0,069
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,363	0,085	0,101	0,182	-0,125	0,113	0,030	-0,447	0,489
Ângulo do pescoço	-0,447	-0,044	0,410	-0,129	0,121	0,358	0,024	0,106	0,167
Ângulo da cabeça	0,295	0,185	0,514	-0,307	0,252	0,252	0,026	0,140	0,180
Ângulo coxo-femoral	0,334	-0,687	0,251	0,133	0,106	-0,252	-0,278	0,009	0,024
Ângulo femoro-tibial	0,151	-0,068	-0,147	-0,217	-0,232	0,268	0,603	-0,025	-0,061
Ângulo tíbio-tarso-metatarsiano	0,152	0,498	-0,074	-0,135	-0,202	-0,052	-0,565	0,024	0,036
Ângulo cernelha-garupa-boleto	0,294	0,192	-0,087	0,332	0,397	-0,156	0,375	-0,065	-0,071

Tabela 32. Coeficientes de correlação entre as características de desempenho aos potros no salto na análise geral

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Amplitude da passada anterior obstáculo	1,00										
2.Velocidade da passada anterior obstáculo	0,58	1,00									
3.Amplitude da passada sobre o obstáculo	0,14	0,32	1,00								
4.Velocidades da passada sobre o obstáculo	0,32	0,50	0,71	1,00							
5.Distância da batida	-0,20	-0,20	0,30	-0,07	1,00						
6.Distância da recepção	0,21	0,44	0,73	0,64	-0,08	1,00					
7.Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	-0,15	-0,06	-0,01	-0,17	0,26	0,01	1,00				
8.Altura do boleto torácico esquerdo sobre o obstáculo	-0,19	-0,13	-0,02	-0,26	0,41	-0,10	0,79	1,00			
9.Altura do boleto pélvico esquerdo sobre o obstáculo	-0,16	-0,13	-0,07	-0,32	0,14	-0,17	0,34	0,40	1,00		
10.Altura máxima da cernelha no salto	-0,09	-0,04	0,15	-0,14	0,37	0,13	0,42	0,48	0,28	1,00	
11.Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,08	0,15	0,28	0,22	-0,25	0,57	-0,02	-0,18	-0,07	0,10	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

Tabela 33. Coeficientes de correlação entre as características de inerente aos potros no salto na análise geral

Características*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1. Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico	1,00													
2. Distância da articulação úmero-radial ao boleto torácico	0,26	1,00												
3. Distância vertical escápula-boleto	0,88	0,30	1,00											
4. Distância vertical soldra-boleto	0,01	0,11	0,09	1,00										
5. Ângulo escápulo-umeral A	-0,18	-0,07	-0,08	-0,03	1,00									
6. Ângulo escápulo-umeral B	-0,08	-0,10	-0,02	0,03	0,68	1,00								
7. Ângulo úmero-radial	0,58	-0,16	0,55	-0,03	0,17	0,23	1,00							
8. Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	0,17	0,90	0,18	0,07	-0,02	-0,06	-0,15	1,00						
9. Ângulo do pescoço	0,01	-0,02	0,00	0,01	0,26	0,12	-0,03	-0,07	1,00					
10. Ângulo da cabeça	0,37	-0,15	0,25	-0,13	0,05	0,10	0,48	-0,15	-0,47	1,00				
11. Ângulo coxo-femoral	0,04	-0,12	0,05	0,02	0,12	0,26	0,14	-0,11	0,10	0,05	1,00			
12. Ângulo femoro-tibial	0,07	-0,06	0,12	0,43	-0,01	0,15	0,07	-0,08	0,06	0,00	0,55	1,00		
13. Ângulo túbio-tarso-metatarsiano	0,13	-0,08	0,15	0,22	-0,05	-0,07	0,15	-0,11	0,14	0,08	0,20	0,61	1,00	
14. Ângulo cernelha-garupa-boleto	0,15	-0,18	0,10	-0,44	-0,05	-0,05	0,25	-0,17	0,13	0,22	0,14	-0,04	0,43	1,00

* A numeração na horizontal se refere às características na vertical. As características em negrito foram as selecionadas por maior relevância

4. CONCLUSÕES

Por meio de avaliações dos componentes principais, foi possível reduzir um conjunto de 48 características para 18 no primeiro e no terceiro momento de avaliação e para 19 no segundo momento de avaliação.

Entre as características morfológicas dos potros em estação, a análise de componentes principais possibilitou a exclusão de 50 a 72%, sendo as características angulares foram as que menos foram descartadas. As características lineares dos potros em estação selecionadas indicam associação com o porte dos equinos.

As análises de componentes principais possibilitaram sintetizar as características cinemáticas dos potros durante o salto de obstáculo em: abordagem ao obstáculo e altura dos membros em relação ao obstáculo e, descartou 64% dessas características, em ambos os grupos.

As características angulares selecionadas foram similares nos potros em estação e no salto em liberdade.

5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, C. G. *Estudo morfométrico na raça Mangalarga Marchador. Uma abordagem multivariada*. 1993, 77f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. et al. Avaliação de características de carcaça de suínos utilizando-se a análise dos componentes principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2209-2217, 2005.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. et al. Avaliação de características de qualidade da carne de suínos por meio de componentes principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.4, p.1639-1645, 2006.
- BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. *Equine Exercise Physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Saunders, p.143-168, 2008.
- BASLER. Câmeras Basler. Disponível em: <http://www.baslerweb.com>. Acesso em: 27 de novembro de 2011.
- BERBARI NETO, F. *Morfometria de campeões e não campeões na raça Campolina*. 2009. 105p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.
- BOBBERT, M.; SANTAMARÍA, S.; Van WEEREN, P.R. et al. Can jumping capacity of adult show jumping horses be predicted on the basis of sub maximal free jumps at foal age? A longitudinal study. *The Veterinary Journal*, v.170, p.212-221, 2005.
- BURITY, B. *Influência de boleteiras de diferentes pesos na trajetória de salto*. 2010, 45 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército. Rio de Janeiro.
- CABRAL, G.C.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. et al. Avaliação Morfométrica de Equinos da Raça Mangalarga Marchador: Medidas Angulares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1790-1797. 2004.
- CBH – *Confederação Brasileira de Hipismo*. Regulamento de Salto. Disponível em: <[http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011\(1\).pdf](http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011(1).pdf)>. Acesso em: 12 de dezembro de 2011.
- CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement Techniques for Gait Analysis. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders, p.55-76, 2001.
- GARCIA, F.; GARCIA M.H.; MACARRO, J.B. et al. Morfoestructura del caballo árabe em España. *Archivos de Zootecnia*, v.36, n.136, p. 269-282, 1987.
- GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Metodologia da análise morfométrica de equinos em estação e da análise cinemática dos equinos durante o salto em liberdade. *Ciência Rural*. Em submissão. 2012a.

GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Estimativas de repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros durante o salto de obstáculos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Em submissão. 2012b.

HOLMSTRÖM, M. Effects of conformation. In: BACK, W; CLAYTON, H.M. *Equine Locomotion*. W.B. Saunders, Londres, cap. 11, p.281-295, 2001.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

LEITE, C.D.S.; CORRÊA, G.S.S.; BARBOSA, L. et al. Avaliação de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.2, p.498-503, 2009.

LEWCZUK, D. Young horse response on changing distance in free jumping combination. *Animal*. v.2, n.11, p. 1651-1657. 2008.

LEWCZUK, D.; SLONIEWSKI, Z.; REKLEWSKI, Z. Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider. *Livestock Science*. n.99. p.125-130. 2006.

MISERANI, M.G.; MCMANUS, C.; SANTOS, S.A.S. 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, p.415. 1976.

PAIVA, A.L.C.; TEIXEIRA, R.B.; YAMAKI, M. et al. Análise de componentes principais em características de produção de aves de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.2, p.285-288, 2010.

PINTO, L.F.B.; ALMEIDA, F.Q.; QUIRINO, C.R. et al. Análise multivariada das medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador: análise de componentes principais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.34. n.2. p.589-599. 2005.

POWERS, P.N.R.; HARRISON, A.J. A study on the techniques used by untrained horses during loose jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*. v.20. n.12. p. 844-850. 2000.

REGAZZI, A.J. *Análise multivariada*. Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa. 2002. (INF-766) (notas de aula).

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.F.; BACK, W. et al. Can early training of show jumpers bias outcome of selection events? *Livestock Science*, v.102, p.163-170, 2006.

SCHLUP, E. *Cinemática do Salto de Equinos de Iniciação Esportiva na Escola de Equitação do Exército*. 2010, 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica.

SCHLUP, E. *Estudo da trajetória de salto dos cavalos da Escola de Equitação do Exército*. 2006, 68 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação - Escola de Equitação do Exército. Rio de Janeiro.

SILVA, S.C.; SBRISSIA, A.F. Análise de componentes principais entre características morfogênicas e estruturais em capim-marandu sob lotação contínua. *Ciência Rural*, v.40, n.3, p.690-693, 2010.

SIMI - *Reality Motion Systems*. Disponível em: Acesso em: <http://www.simi.de>. Acesso em: 27/11/11.

VAL, J.E.; FERRAUDO, A.S.; BEZERRA, L.A.F. et al. Alternativas para seleção de touros da raça Nelore considerando características múltiplas de importância econômica. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.3, p.705-712, 2008.

YAMAKI, M.; MENEZES, G.R.O.; PAIVA, A.L.C. et al. Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.1, p.227-231, 2009.

WILLOUGHBY, D.P. The physique of the horse in various of its breeds. In: *Growth and Nutrition in the horse*. Granbury, cap. 2, p.33-48, 1975.

CAPÍTULO 4. PREDIÇÃO DO SUCESSO DO SALTO EM LIBERDADE DE POTROS

RESUMO

Objetivou-se definir modelos de predição da probabilidade do sucesso no salto em liberdade de potros utilizando modelos de regressão logística, de acordo com as avaliações das características morfológicas em estação e no salto de obstáculos. Os potros foram filmados em estação e durante cinco tentativas de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura aos 22-25, 29-32 e 36-39 meses de idade, respectivamente. As imagens foram capturadas utilizando câmera com frequência de aquisição de 100Hz e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®]. As variáveis foram selecionadas em análise prévia de componentes principais e utilizadas como variáveis independentes no modelo de regressão logística. No modelo que considerou as características lineares dos potros em estação com 22 a 25 meses de idade apenas a idade do potro foi fonte significativa de variância. No grupo características angulares dos potros em estação, o ângulo do pescoço e a idade dos potros no momento de avaliação foram significativos no modelo de predição. As características significativas no salto foram: amplitude da passada anterior ao obstáculo, distância da batida, altura da pinça torácica sobre o obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo, distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico, ângulo da cabeça, ângulo do pescoço, ângulo femoro-tibial, ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico e distância vertical soldra-boleto. Esses resultados indicam que para o sucesso no salto é necessário reduzir a amplitude da passada anterior ao obstáculo e, dessa forma, aumentar a distância da batida para proporcionar maior altura da pinça torácica. Além disso, o animal deve ser capaz de ultrapassar o obstáculo com menor velocidade, apresentar os membros torácicos mais flexionados e também maior ângulo femoro-tibial na passagem dos membros pélvicos. Os ângulos da cabeça e do pescoço mostraram-se importantes para o sucesso do salto, sendo desejável que estes possuam valores menores para maior efeito no salto.

Palavras-chave: cinematografia, concurso hípico, modelos de regressão logística, morfologia

CHAPTER 4. PROBABILITY OF SUCCESS OF YEARLINGS AT FREE JUMPING

ABSTRACT

This study was carried out to define models for predicting the probability of success of yearlings jumping with logistic regression models, according to assessments of morphological characteristics of yearlings at station and jumping. The yearlings were filmed in station and during five jumps of vertical fence with 0.60, 0.80 and 1.05 meters higher, at the 22-25; 23-32 and 36-39 months of age, respectively. The images were obtained with camera acquisition frequency of 100 Hz and analyzed with Simi Reality Motion Systems®. Variables were selected in a previous analysis of principal components and used as independent variables in the logistic regression model. In the model that considered the linear characteristics of yearlings at station with 22 to 25 months of age only age of the yearling was a significant source of variance. In the group angular characteristics of yearlings at station, the angle of the neck and the age of yearlings at the time of evaluation were significant in the model prediction. The significant characteristics of jump in the model were: length of stride prior to fence, take-off distance, height of forelimb point of hoof over the fence, velocity of stride over the fence, humerus-radial vertical distance to forelimb fetlock, head angle, neck angle, femoral-tibial angle, withers-croup-hind limb fetlock angle and stifle-fetlock vertical distance. These results indicate that for a successful jump is necessary to reduce the length of stride prior to fence and thus increase the take-off distance to provide greater higher height of forelimb point of hoof. Moreover, the horse must be able to overcome the fence with lower velocity, presenting more flexed forelimb members and also higher femoral-tibial angle in the passage of the hind limbs. The head angle and neck angle were important to the success of the jumping, and it is desirable that they have lower values to increased effects in the jump.

Keywords: cinematography, jumping, logistic regression models, morphology

1. INTRODUÇÃO

A equinocultura brasileira se destaca pela diversidade, pois são criados animais de várias raças que desempenham as mais variadas funções. Neste cenário a crescente demanda pelo hipismo, especialmente a prova de salto, proporciona desenvolvimentos nessa área, porém os avanços alcançados no Brasil estão muito aquém dos obtidos nos países europeus.

A prova de salto é aquela em que o conjunto cavalo-cavaleiro é avaliado sob várias condições, no percurso de obstáculos, sendo a modalidade equestre mais conhecida no mundo. O salto, propriamente dito, consiste na transposição do obstáculo e depende da habilidade do conjunto.

O Exército Brasileiro merece destaque qualitativa e quantitativamente na criação de equinos. Qualitativamente porque cavalos oriundos da Coudelaria de Rincão, em São Borja, Rio Grande do Sul, tem se sobressaído. Como exemplo, o animal Escudeiro do Rincão que participou dos Jogos Olímpicos de Pequim, em 2008, obtendo o segundo melhor resultado entre os brasileiros, na modalidade de Concurso Completo de Equitação (CCE, FEI, 2012). Essa modalidade consiste em três dias de prova com o mesmo conjunto, sendo no primeiro dia a prova de adestramento, no segundo a prova de *cross-country* e no terceiro a prova de salto de obstáculos. E, ainda, os resultados positivos obtidos nos Jogos Mundiais Militares, em 2011, no Rio de Janeiro, não apenas com o cavalo supracitado, mas também outros animais oriundos do mesmo criatório (EsEqEx, 2012). Quantitativamente, por que a Coudelaria de Rincão é o único criatório de equinos do Exército Brasileiro e o responsável pela reposição de equinos para todo o país, com a produção anual estimada em 150 potros. Dessa forma, são necessárias iniciativas que possibilitem a escolha de potros para os esportes hípicas; identificando a aptidão de cada animal ainda na idade jovem para propiciar maior atenção ao menor número de potros selecionados, o que poderá refletir no melhor desempenho em competições nacionais e internacionais.

O estudo científico é o passo inicial para qualquer programa de seleção dos animais com aptidão para o salto. Dessa forma o estudo dos potros durante o salto de obstáculos permite o estabelecimento de padrões cinemáticos que possibilitarão a adoção de métodos e critérios de escolha de animais do rebanho da Coudelaria de Rincão e no Brasil e demais Haras.

SANTAMARIA et al. (2002) concluíram que existe correlação entre a biomecânica de equinos jovens e adultos durante o salto de obstáculos e que essa análise pode ser utilizada para selecionar equinos em idade juvenil com aptidão para o Concurso de Salto. Da mesma forma, BOBBERT et al. (2005) verificaram que os equinos aos cinco anos de idade repetem a biomecânica do salto observada aos seis meses de idade.

Objetivou-se definir modelos de predição do sucesso no salto em liberdade de potros com idades de 22 a 39 meses utilizando modelos de regressão logística, de acordo com as avaliações das características morfológicas em estação e durante o salto de obstáculos.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados 108 potros da raça Brasileiro de Hipismo e seus mestiços sem nenhum tipo de treinamento, de ambos os sexos, filhos de 13 garanhões, pertencentes ao Exército Brasileiro, criados de maneira uniforme na Coudelaria de Rincão, São Borja, Rio Grande do Sul.

Pontos anatômicos, considerados como referência para a avaliação das características de desempenho foram realçados com 19 marcadores esféricos e reflexivos, em procedimento adaptado de CLAYTON; SCHAMHARDT (2001) e LEWCZUK et al. (2006), descritos em GODOI et al. (2012a).

Os mesmos animais foram filmados em estação e em cinco tentativas, consecutivas, de salto em liberdade no obstáculo vertical com 0,60; 0,80 e 1,05 metros de altura aos 22-25 meses de idade (n = 105), aos 29-32 meses de idade (n = 84) e aos 36-39 meses de idade (n = 79), respectivamente, conforme protocolo descrito por GODOI et al. (2012).

As imagens foram capturadas utilizando câmera *Basler A602fc*[®] com frequência de aquisição de 100Hz (BASLER, 2011) e analisadas no aplicativo *Simi Reality Motion Systems*[®] 4.7, 3D (SIMI, 2011).

Os saltos sobre o obstáculo foram classificados de acordo com o regulamento da CBH (2011), no qual o sucesso ocorre quando o potro executou o salto sobre o obstáculo vertical sem cometer qualquer tipo de falta (derrube do obstáculo, desvio ou refugo); e o insucesso ocorre quando o potro cometeu alguma penalidade. Foram considerados, 1.030 saltos com sucesso e 200 saltos com insucesso, totalizando 1.230 saltos. Esses resultados foram utilizados como variável dependente ou resposta dicotômica no modelo de regressão logística, na qual o sucesso = 1 e o insucesso = 0 (zero).

As características utilizadas como variáveis independentes ou regressoras foram:

1) primeiro momento de avaliação - características lineares e angulares dos potros em estação: altura na garupa, comprimento do antebraço, comprimento da quartela torácica, ângulos do pescoço, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, coxo-solo. Características de desempenho e inerentes aos potros durante o salto de obstáculo: amplitude da passada anterior ao obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo, distância da batida, altura da pinça torácica sobre o obstáculo, vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico, ângulo úmero-radial, ângulo do pescoço, ângulo femoro-tibial;

2) segundo momento de avaliação: características lineares e angulares dos potros em estação: altura na garupa comprimento do corpo, comprimento da perna, comprimento da canela pélvica; ângulos úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, escápulo-solo, metacarpo-falangeano, coxo-solo, ângulo metatarso-falangeando. Características de desempenho e inerentes aos potros durante o salto de obstáculo: amplitude da passada anterior ao obstáculo, amplitude da passada sobre o obstáculo, altura da pinça torácica sobre o obstáculo, deslocamento horizontal da cernelha no salto; distância vertical escápula-boleto, ângulo rádio-carpo-metacarpiano ângulo femoro-tibial, ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico;

3) terceiro momento de avaliação: características lineares e angulares dos potros em estação: comprimento do corpo, e comprimento da quartela torácica e pélvica, ângulos do pescoço, escápulo-solo, úmero-radial, rádio-carpo-metacarpiano, femoro-tibial e coxo-solo. Características de desempenho e inerentes aos potros durante o salto de obstáculo: velocidade da passada anterior ao obstáculo, distância da batida, distância da recepção, altura da pinça torácica sobre o obstáculo distância vertical soldra-boleto, ângulo escápulo-umeral B, ângulo da cabeça, ângulo do pescoço, ângulo tíbio-tarso-metatarsiano;

4) Na análise geral, que foram consideradas todas as observações das características de desempenho e inerentes aos potros durante o salto de obstáculo, nos três momentos de avaliação: amplitude da passada anterior ao obstáculo, velocidade da passada sobre o obstáculo, distância da batida, deslocamento horizontal da cernelha no salto, distância vertical escápula-boleto, ângulo escápulo-umeral B, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, ângulo tíbio-tarso-metatarsiano, ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico. Essas características foram selecionadas por apresentarem maior relevância na análise de componentes principais (GODOI et al., 2012b).

O modelo de regressão logística, que produz as estimativas de probabilidade pelo método da máxima verossimilhança, foi calculado de como:

$$P_i = \frac{1}{1 + \exp^{-y}}$$

Onde:

P_i = probabilidade de ocorre o sucesso no salto em liberdade dos potros

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_1 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon$$

$x_1, x_2, \dots, x_m$ = variáveis regressoras ou variáveis independente;

β_0 = valor estimado do intercepto;

$\beta_1, \dots, \beta_m$ = valor estimado dos coeficientes associados às variáveis regressoras;

ε = erro aleatório.

O uso deste modelo teve como objetivo avaliar o efeito de cada uma das características sobre o sucesso ou não do salto sobre obstáculos. Foi aplicado um modelo para cada momento de avaliação (primeiro, segundo e terceiro) com as características em conjunto (em estação e durante o salto de obstáculo), além de um modelo para a análise geral com as características de desempenho e um para a análise geral características inerentes aos potros. Um outro modelo incluiu as características utilizadas em estação e durante o salto em cada momento de avaliação (primeiro, segundo e terceiro) e mais um modelo geral com todas as características de desempenho e inerentes aos potros juntos, totalizando 18 modelos.

No processo de seleção das características para inclusão no modelo final foi aplicado o procedimento de *Stepwise*, que consiste na combinação de variáveis até a definição do melhor o modelo. Nesse processo, quando a segunda variável é adicionada, verifica-se se a equação

resultante possui significância suficiente para manter as duas variáveis ou, então, se uma pode ser descartada.

A probabilidade de ocorrência do evento (*odds ratio*) foi calculada utilizando a seguinte fórmula: e^{β_m} , em que β_m é o valor estimado dos coeficientes associados às variáveis regressoras (FREUND & LITTELL, 2000).

A estatística utilizada para aferir a validade dos modelos foi da porcentagem de pares de observações-predições concordantes. Esse procedimento consiste em comparar as probabilidades entre as respostas observadas e preditas considerando todos os possíveis pares de observações (y_i, y_j onde $i \neq j$), de modo que as respostas observadas para y_i 's sejam iguais a um (sucesso) e as observadas para y_j 's sejam iguais a zero (insucesso). Dessa forma houve a formação de $n_i \times n_j$ pares de observações (sucesso x insucesso no salto em liberdade) que foram classificados em concordantes quando $\hat{P}_i > \hat{P}_j$, discordante quando $\hat{P}_i < \hat{P}_j$ e empatados se $\hat{P}_i = \hat{P}_j$. A proporção para cada modelo foi calculada em relação ao total de pares $n_i \times n_j$ (BERGMANN & HOHENBOKEN, 1992).

Os modelos também incluíram os efeitos fixos de sexo (macho ou fêmea), raça (Brasileiro de Hipismo ou seus mestiços) e a covariável idade (em dias) dos potros no momento da avaliação. Na avaliação completa, além desses, ainda foi incluído o efeito do momento de avaliação (1, 2 e 3) e da idade (dias) dos potros dentro de cada momento de avaliação.

Todas as análises foram realizadas utilizando o *Statistical Analysis System*. As características que apresentavam unidade em metros foram transformadas em centímetros para facilitar o entendimento dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estatística descritiva das características lineares e angulares dos potros em estação, nos três momentos de avaliação, está apresentada na Tabela 1. Essas características apresentaram baixa instabilidade, com coeficiente de variação entre 0,01-21,53%.

A característica altura na cernelha foi apresentada apenas para ressaltar que os potros estavam em período de crescimento durante o experimento, com aumento de quase dez centímetros, na média, entre as avaliações extremas. Essas informações correspondem a mais de 90% do desenvolvimento desses animais, pois, segundo MEYER (1995), os potros nascem com 61-64% da altura na cernelha de animais adultos e aos 12-24 meses apresentam 69-90%.

Segundo resultados de VASCONCELOS et al. (2010), avaliando equinos do mesmo banco de dados do presente trabalho, esses potros, no último momento de avaliação, atingiram a altura à maturidade estimada em 1,59 m para a raça Brasileiro de Hipismo e de 1,54m para os potros mestiços. No entanto, a Associação Brasileira de Criadores do Cavalo Brasileiro de Hipismo estipula a altura ideal para a raça, aos cinco anos de idade, de 1,68m para os machos e 1,65m para as fêmeas (REGULAMENTO, 2011). O aumento do tamanho corporal dos equinos também pode ser observado nas características altura na garupa e nos comprimentos do corpo, do antebraço, da canela torácica e pélvica e perna.

Nas características angulares observou-se certa irregularidade nos valores entre os momentos de avaliação, ora com aumento, ora com redução. Essa observação também foi feita por CABRAL et al. (2004) que verificaram ser desigual o crescimento dos ossos de potros da raça Mangalarga Marchador, pois os valores das angulações dos animais do nascimento aos 12 meses de idade não variaram de forma linear a cada mensuração.

Tabela 1. Valores médios, mínimos e máximos e coeficiente de variação (CV) das características dos potros em estação

Características lineares	Primeiro momento de avaliação ¹				Segundo momento de avaliação				Terceiro momento de avaliação			
	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)	Média	Mínimo	Máximo	CV (%)
Altura cernelha	1,50	1,34	1,66	4,67	1,57	1,42	1,72	4,46	1,59	1,46	1,94	0,01
Altura garupa	1,52	1,35	1,69	5,26	1,59	1,42	1,75	4,40	1,60	1,42	1,99	0,01
Comprimento corpo	1,54	1,29	1,71	5,84	1,63	1,44	1,87	4,91	1,63	1,43	2,11	0,01
Comprimento antebraço	0,42	0,35	0,51	7,14	0,43	0,38	0,49	4,65	0,44	0,39	0,51	5,91
Comprimento canela torc. *	0,29	0,23	0,34	6,90	0,30	0,26	0,36	6,67	0,29	0,21	0,37	6,85
Comprimento quart. torc. *	0,13	0,10	0,14	7,69	0,12	0,11	0,14	8,33	0,12	0,09	0,16	8,55
Comprimento perna	0,49	0,39	0,64	10,20	0,53	0,44	0,66	7,55	0,54	0,47	0,63	7,92
Comprimento canela plv. *	0,36	0,31	0,43	5,56	0,37	0,31	0,43	5,41	0,37	0,29	0,45	6,94
Comprimento quart. plv. *	0,13	0,10	0,16	7,69	0,12	0,10	0,15	8,33	0,12	0,10	0,14	9,40
Características angulares												
Ângulo do pescoço	86,86	65,20	103,60	7,70	88,93	72,90	104,80	0,01	88,34	73,80	102,70	7,30
Ângulo úmero-radial	145,92	128,20	162,50	4,47	146,42	135,40	160,20	0,01	144,15	133,00	155,30	3,59
Ângulo rad-carp-met *	182,40	173,70	189,00	1,45	182,77	177,30	192,90	0,01	182,71	175,50	188,90	1,51
Ângulo metcarp-falg *	131,70	117,00	147,90	4,53	140,90	128,50	160,50	0,01	138,98	122,20	156,00	4,84
Ângulo femoro- tibial	116,67	95,80	137,50	7,68	122,25	95,40	138,60	0,01	121,51	104,30	147,30	6,71
Ângulo túb-tars-metat *	152,15	132,20	159,10	2,82	154,04	144,50	163,90	0,01	155,09	148,00	163,00	2,35
Ângulo metatars-fal *	140,28	127,30	155,00	4,24	145,32	132,40	156,80	0,01	144,02	127,20	162,10	4,90
Ângulo escapulo-solo	58,90	51,30	70,20	5,93	58,96	50,70	68,80	0,01	59,52	50,40	70,20	6,79
Ângulo coxo-solo	23,11	11,50	36,00	19,26	25,69	13,40	38,90	0,02	24,38	12,90	35,90	21,53

1. Número total de potros no 1º, 2º e 3º momento de avaliação nas características lineares 82; 78 e 73, respectivamente, e nas características angulares 78; 75 e 68, respectivamente. *Dist. escp-bol = Distância escapula-boleto; quart. = quartela; torc. = torácica; plv. = pélvica; ângulo rad-carp-met = ângulo rádio-carpo-metacarpiano; ângulo metcarp-falg = ângulo metacarpo-falangeano; ângulo túb-tars-metat = ângulo túbio- tarso-metatarsiano; ângulo metatars-fal = ângulo metatarso- falangeando.

A estatística descritiva das características aferidas durante o salto de obstáculo está apresentada na Tabela 2. Os valores considerados foram referentes a saltos realizados com sucesso. A característica deslocamento horizontal da cernelha no salto apresentou-se muito instável em todos os momentos de avaliação, com coeficiente de variação de 159,53 a 291,05%. As demais características apresentaram menor variação (6,08 a 52,40%). Em relação às características de desempenho houve aumento progressivo das médias das variáveis durante os momentos de avaliação para amplitude da passada anterior ao obstáculo, velocidade da passada anterior ao obstáculo, amplitude da passada sobre o obstáculo e distâncias da batida e da recepção. Esse fato pode ser creditado tanto ao aumento na altura dos obstáculos quanto ao próprio crescimento dos potros.

Tabela 2. Valores médios (Méd), mínimos (Mín) e máximos (Máx) e coeficiente de variação (CV) das características de desempenho e inerente aos potros durante o salto de obstáculo nos três momentos de avaliação e na avaliação geral, em que foram consideradas todas as observações

Características de desempenho	Primeira avaliação ¹				Segunda avaliação				Terceira avaliação				Avaliação Geral			
	Méd	Mín	Máx	CV (%)	Méd	Mín	Máx	CV (%)	Méd	Mín	Máx	CV (%)	Méd	Mín	Máx	CV (%)
Amplitude da passada anterior ao obstáculo	2,59	1,45	3,59	11,16	2,75	1,91	3,61	8,95	2,80	1,94	3,43	9,02	2,70	1,45	3,61	10,40
Amplitude da passada sobre o obstáculo	3,52	1,51	4,93	13,96	3,81	1,73	5,03	13,65	3,99	2,34	5,30	13,67	3,75	1,51	5,30	14,70
Velocidades da passada sobre o obstáculo	5,12	1,86	9,02	18,54	4,67	1,82	6,25	16,75	4,68	2,39	7,04	16,41	4,85	1,82	9,02	18,00
Distância da batida	1,17	0,36	2,41	23,88	1,51	0,76	2,27	16,90	1,52	0,97	2,74	14,61	1,38	0,36	2,74	22,20
Distância da recepção	1,43	0,52	2,39	23,20	1,62	0,66	2,67	21,87	1,78	0,59	3,11	22,08	1,59	0,52	3,11	24,20
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo	0,20	0,01	0,48	47,28	0,20	0,00	0,54	55,14	0,17	0,00	0,49	52,40	0,19	0,00	0,54	52,04
Deslocamento horizontal da cernelha no salto	0,16	-0,70	0,85	159,53	0,07	-0,53	0,71	291,05	0,12	-0,64	0,90	172,13	0,12	-0,70	0,90	192,26
Características inerentes aos potros																
Distância da articulação úmero-radial ao boleto	0,40	0,20	0,57	15,47	0,39	0,21	0,60	20,34	0,37	0,21	0,57	19,47	0,39	0,20	0,60	18,48
Distância escápula-boleto	0,52	0,25	0,71	12,91	0,51	0,19	0,77	14,45	0,51	0,35	0,75	12,41	0,51	0,19	0,77	13,34
Distância vertical soldra-boleto	0,31	0,02	0,49	25,65	0,26	0,02	0,50	34,60	0,21	-0,20	0,42	47,48	0,27	0,20	0,50	36,25
Ângulo escápulo-umeral B	117,9	92,0	150,3	8,57	116,8	96,1	157,8	9,45	111,6	94,9	135,3	6,69	115,9	92,0	157,8	8,76
Ângulo úmero-radial	77,8	46,6	127,2	20,26	77,6	46,0	119,6	18,00	78,7	53,2	129,4	17,80	78,0	46,0	129,4	18,88
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano	79,4	42,7	128,8	16,98	73,5	41,5	124,0	23,56	71,8	36,6	114,7	22,30	75,4	36,6	128,8	21,04
Ângulo do pescoço	49,0	27,6	92,6	17,56	43,1	23,4	65,5	18,37	40,8	23,5	62,2	16,55	44,9	23,4	92,6	19,28
Ângulo da cabeça	83,1	55,4	114,2	14,26	86,1	54,5	135,1	15,33	89,3	55,5	132,6	14,76	85,7	54,5	135,1	15,05
Ângulo femoro-tibial	76,7	37,7	147,2	14,36	74,8	48,1	106,3	13,48	72,0	53,7	101,0	11,19	74,9	37,7	120,0	13,58
Ângulo tibio-tarso-metatarsiano	111,4	97,0	155,3	16,28	99,6	43,4	141,9	17,59	92,4	40,4	128,1	17,32	102,5	37,7	147,2	18,60
Ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico	131,3	37,7	147,2	6,70	131,0	96,8	159,6	7,03	135,0	102,6	155,3	6,08	132,1	96,8	159,6	6,77

1. Número total de saltos no primeiro, segundo e terceiro momento de avaliação: 335, 278, 250 e 863, respectivamente.

As características amplitude e velocidade da passada anterior ao obstáculo indicam como o animal se aproxima do obstáculo antes do salto. Observa-se que à medida que os obstáculos tiveram sua altura aumentada, os potros apresentavam maior velocidade na tentativa de ultrapassá-lo, aumentando a amplitude do galope, já que a distância foi a mesma nos três momentos de avaliação. Da mesma forma, a maior amplitude da passada sobre o obstáculo está indiretamente relacionada à maior velocidade com a qual o animal abordou o salto. BARREY et al. (2008) observaram que a amplitude média da passada sobre o obstáculo de equinos adultos montados saltando obstáculo vertical na altura de 1,05 metros foi de 4,90 metros, diferindo do observado no presente trabalho, de 3,99 metros. Os autores relatam que a amplitude da passada sobre o obstáculo foi de 6,04 metros com obstáculos de 1,40 metros de altura, indicando que quanto maior a altura do obstáculo, maior a amplitude necessária para ultrapassá-lo. Em experimento com equinos treinados e montados simulando uma prova de salto, BURITY (2010) observou valores amplitude torácico ao obstáculo, distância da batida e velocidade da passada sobre o obstáculo de 2,98 m; 1,62 m e 5,2 m/s, respectivamente. Digno de nota, o valor negativo observado para a característica deslocamento horizontal da cernelha no salto. Tal ocorreu em razão da codificação utilizada e do potro ter alcançado o ponto mais alto da cernelha antes do obstáculo. Os valores positivos indicam que o ponto mais alto da cernelha está após o obstáculo.

Em relação às características inerentes ao potro durante o salto de obstáculo, os valores médios das variáveis distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico e distância vertical soldra-boleto reduziram de forma progressiva nos três momentos de avaliações. Já o valor negativo para a média da característica distância vertical soldra-boleto indica que o boleto pélvico se elevou acima do nível da soldra. Estas variáveis estão diretamente relacionadas às flexões realizadas nos membros torácicos e pélvicos, respectivamente. Tal fato pode ser devido ao aumento da altura do obstáculo a partir do primeiro momento, pois indica angulações mais agudas nas articulações dos membros quando da passagem sobre o obstáculo no momento do salto. Tais informações podem ser comprovadas pela progressiva redução nas médias dos ângulos rádio-carpo-metacarpiano, de 79,43° no primeiro momento de avaliação, para 71,79° no terceiro, femoro-tibial de 76,71° no primeiro momento, para 72,04° no terceiro e túbio-tarso-metatarsiano, de 111,40° no primeiro momento, para 92,42° no terceiro momento de avaliação.

Os ângulos escápulo-umeral B, úmero-radial e cernelha-garupa-boleto-pélvico, que possuem a maioria dos pontos de referência para a obtenção dos valores na região do tronco dos potros, apresentaram pouca variação entre os momentos de avaliação. Em estudo realizado por GODOI et al. (2012c) foi constatado que, dessas três características, o ângulo escápulo-umeral B foi o que apresentou maior valor da estimativa de repetibilidade, 0,89. As demais características apresentaram valores moderados.

Numa análise exploratória verificou-se que a porcentagem de faltas foi menor no primeiro (14,9%) e maior no último momento de avaliação (34,2% dos saltos). Esse fato pode ser creditado ao aumento da altura do obstáculo e à capacidade inata do potro de saltar, em que os potros com habilidade para o salto não realizaram faltas mesmo com maiores alturas do obstáculo. POWERS & HARRISON (2000); BOBBERT et al. (2005) e SANTAMARÍA et al. (2006) classificaram e analisaram os equinos em grupos de melhores e piores saltadores,

de acordo com o desempenho durante os saltos de obstáculos, sendo os melhores saltadores os animais que saltaram o obstáculo com facilidade e sem cometer faltas.

No presente trabalho também foi observado que houve maior ocorrência de derrube do obstáculo com os membros torácicos no terceiro momento de avaliação (70%) e que nos outros momentos a ocorrência de derrube foi similar entre membros torácicos e pélvicos. A porcentagem de refugo foi maior em relação aos desvios em todos os momentos avaliados.

As estimativas de soluções para os coeficientes de regressão incluídos no modelo de análise do resultado do salto no primeiro momento de avaliação quando os potros apresentavam 22 a 25 meses de idade estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 22 a 25 meses de idade

Variáveis regressoras	Coeficiente de Regressão		Razão entre chances ¹	% pares ²		Suc/Inc ³
	β_0	β		Conc.	Disc.	
Características lineares dos potros em estação						
Idade (dias)	7,4579	-0,00914	0,991	56,3	41,4	383/72
Características angulares dos potros em estação						
Idade (dias)	13,6274	-0,0122	0,988	61,5	37,0	360/65
Ângulo do pescoço (°)		-0,0481	0,953			
Características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo						
Amplitude da passada anterior ao obstáculo (cm)		-0,0156	0,984			
Distância da batida (cm)	1,9311	0,0302	1,031	82,8	16,9	350/44
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)		0,0769	1,080			
Características de inerentes aos potros durante o salto de obstáculo						
Distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico (cm)	9,6374	-0,0983	0,906	84,1	15,5	415/44
Angulo pescoço (°)		-0,1425	0,867			
Ângulo femoro-tibial (°)		0,0502	1,051			

β = valor estimado das variáveis regressoras; β_0 = intercepto; 1. Razão entre chances = *Odds Ratio*; 2. Probabilidade de pares observações-predições concordantes e discordantes. 3. Número de salto com sucesso / número de salto com insucesso; idade = idade do potro no momento da avaliação.

Nas características lineares dos potros em estação apenas o efeito da idade do potro foi significativo sobre a probabilidade de sucesso com baixa probabilidade de pares concordante (56,3%). Já no grupo das características angulares, os efeitos do ângulo do pescoço e da idade dos potros no momento da avaliação foram importantes para o modelo de predição do sucesso do salto em liberdade, com maior probabilidade predita de pares concordantes em relação às características lineares (61,5%).

O ângulo do pescoço apresentou coeficiente de regressão negativo e razão entre as chances de sucesso e de insucesso no salto menor que um, indicando que o aumento em um

grau na angulação do pescoço reduziu em 4,7% as chances de se obter sucesso no salto. Essa característica será melhor discutida posteriormente.

BOBBERT et al. (2005) não observaram diferenças entre a morfologia de equinos considerados como melhores e piores saltadores, tanto com seis meses de idade quanto com cinco anos de idade. Porém esses autores não citaram quais características foram utilizadas e nem como elas foram avaliadas.

SILVA (2009), avaliando 33 características morfológicas de potros oriundos do mesmo criatório do presente trabalho, aos quatro anos de idade, verificou que equinos com melhor desempenho no salto de obstáculo apresentaram maiores valores da distância escápula-boleto, distância codilho Joelho e ângulo escápulo-umeral em relação aos equinos considerados como piores saltadores. As demais variáveis não diferiram entre os grupos de potros.

Variações nas características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo, amplitude da passada anterior ao obstáculo, distância da batida e altura da pinça torácica sobre o obstáculo tiveram efeito significativo sobre a probabilidade de sucesso de potros no salto em liberdade, com alta probabilidade predita de pares concordantes (82,8%). As duas primeiras características estão relacionadas com a preparação do equino para o salto e a terceira quantifica a distância que o membro torácico passa do obstáculo, sendo desejáveis maiores valores para evitar o derrube do mesmo.

O valor do coeficiente associado à amplitude da passada anterior ao obstáculo foi negativo e a razão entre chances de sucesso e insucesso no salto de 0,984, implicando que o aumento em uma unidade (centímetros) nessa característica reduziria a possibilidade de sucesso no salto em 1,6%. SCHLUP (2010), utilizando potros com 40 a 42 meses de idade e saltando um Oxer com 1,00m de altura e 0,90m de largura, verificou que não houve diferença na amplitude da passada anterior ao obstáculo antes e após cinco meses de treinamento, com valor médio maior que do presente trabalho (3,00 metros).

O valor do coeficiente de regressão associado à distância da batida foi positivo (0,0302 %/cm) e a razão entre a chance de sucesso e de insucesso de 1,031, ou seja, para aumentar a probabilidade de sucesso no salto é recomendado afastar a distância da batida, pois o incremento em uma unidade (um centímetro) aumenta a chances de executar o salto sem o derrube do obstáculo em 3,1%. Já a altura da pinça torácica sobre o obstáculo apresentou maior probabilidade de sucesso entre as características de desempenho, de 8%. Essa probabilidade está dentro de intervalo de confiança de 3 a 12%. Essa indicação é coerente com a indicação torácica, pois, como a distância entre o obstáculo referência e o Vertical é fixa, para se aumentar a distância da batida é necessário reduzir a amplitude da passada anterior ao obstáculo e vice-versa.

Entretanto, POWERS & HARRISON (2000), utilizando equinos sem treinamento de três a cinco anos de idade durante o salto em liberdade, verificaram que os melhores saltadores apresentam maior distância da batida em relação aos piores animais. Porém, esses autores utilizaram um tipo diferente de obstáculo em relação ao presente trabalho, que foi a paralela com um metro de altura e 0,5 metros de largura. Da mesma forma, DEUL & PARK (1991), avaliando equinos montados durante uma competição de saltos, verificaram que os equinos com menor penalidade na prova apresentavam distância da batida mais próxima dos obstáculos.

Dentre as características inerentes aos potros no primeiro momento de avaliação, foram importantes os efeitos da distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico, do ângulo do pescoço e do ângulo femoro-tibial, com 84,1% de pares concordantes. As duas primeiras características apresentaram coeficientes com valores estimados negativos. A distância vertical da articulação úmero-radial ao bolete torácico representa o recolhimento e a flexão dos membros torácicos, dessa forma, é desejável um menor valor. Esse fato foi confirmado pelos achados deste estudo, pois o aumento em um centímetro na característica reduz a chance de sucesso em 9,4%, dentro do intervalo de confiança de 3,7 a 14,7%. SANTAMARÍA et al. (2006) e BOBBERT et al. (2005) citaram que os melhores equinos de salto apresentam maiores flexões dos membros torácicos, refletindo em menor possibilidade de derrubar o obstáculo.

Os equinos utilizam o pescoço em todos os momentos do salto, desde a decolagem até após a aterrissagem do salto. O pescoço de um cavalo de salto necessita ser de tal forma a auxiliar tanto na batida para proporcionar maior elevação do seu corpo sobre o obstáculo, quanto para o movimento de báscula durante o vôo para facilitar o recolhimento dos membros torácicos, evitando assim o derrube do obstáculo. A importância do pescoço para o salto de obstáculo está expressa no modelo de predição, no qual essa característica apresentou maior razão de probabilidade entre as chances de se obter sucesso ou insucesso, de 13,3%, no intervalo de confiança de 9,2 a 17,2%. E, como o valor do coeficiente de regressão estimado foi negativo, é desejável um ângulo mais agudo.

O ângulo femoro-tibial apresentou coeficiente estimado com valor positivo, indicando que o aumento em um grau aumenta a possibilidade de sucesso no salto em 5,1%. Dessa forma é desejável um maior valor desse ângulo para evitar o derrube do obstáculo. Essa implicação está de acordo com os resultados obtidos por SANTAMARÍA et al. (2006), em que os animais com melhor aptidão para o salto apresentaram menores valores desse ângulo aos cinco anos de idade, com altura do obstáculo de 1,15m. Já nas idades de seis meses e quatro anos, com menores alturas dos obstáculos (0,60 e 1,05 metros), respectivamente, esses autores não observaram efeito desta variável. SCHLUP (2010) contesta esse achado, pois em seu experimento verificou que potros com cinco meses de treinamento apresentaram incremento dessa variável. Esse autor cita que é preferível que os equinos apresentem maior ângulo femoro-tibial para favorecer a retroflexão dos membros pélvicos.

A partir da análise dos animais utilizados no presente trabalho verifica-se que a observação de SCHLUP (2010) é válida, porém, ainda deve ser levado em consideração a atuação do ângulo tíbio-tarso-metatarsiano que tem grande influencia na retroflexão dos membros. Este ângulo não deve ter valores muito elevados, pois pode propiciar o derrube do obstáculo; assim como não pode ter valores muito baixos, pois causa o efeito dos “membros embutidos” sobre o obstáculo. Dessa forma, pode-se inferir que a atuação dos membros pélvicos para evitar a falta é mais complexa que a dos membros torácicos, sendo necessária a avaliação de pelo menos dois ângulos em conjunto.

Os modelos de predição da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade com 29 a 32 meses de idade (segundo momento de avaliação) estão apresentadas na Tabela 4. Tabela 4. Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 29 a 32 meses de idade

Variáveis regressoras	Coeficiente de Regressão		Razão entre chances ¹	% pares ²		Suc/Inc ³
	β_0	β		Conc.	Disc.	
Características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo						
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)	0,7126	0,0907	1,095	71,1	25,4	306/40

β = valor estimado das variáveis regressoras; β_0 = intercepto; 1. Razão entre chances = *Odds Ratio*; 2. Probabilidade de pares observações-predições concordantes e discordantes. 3. Número de salto com sucesso / número de salto com insucesso.

Os efeitos das características dos potros em estação e as características inerentes aos potros não foram significativos neste momento de avaliação. Somente o efeito da altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo apresentou significância estatística, com coeficiente de regressão de 0,0907 %/cm e razão entre chances de sucesso e insucesso no salto de 9,5%, no intervalo de confiança de 5,4 a 13,7% e 71,1% de pares concordantes.

Os modelos de predição da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 36 a 39 meses de idade (terceiro momento de avaliação) estão apresentadas na Tabela 5. Os efeitos das características lineares e angulares dos potros em estação não foram significativos. Já os efeitos das características distância da batida e altura da pinça torácica sobre o obstáculo apresentaram-se significativas com 82% de pares concordantes. Ambos os coeficientes de regressão apresentaram valores estimados positivos e razão entre chances de sucesso e insucesso acima de um.

Tabela 5. Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com 36 a 39 meses de idade

Variáveis regressoras	Coeficiente de Regressão		Razão entre chances ¹	% pares ²		Suc/Inc ³
	β_0	β	Conc.	Disc.		
Características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo						
Distância da batida (cm)		0,0273	1,028			
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)	-4,9013	0,1582	1,171	82,0	17,8	256/108
Características de inerentes aos potros durante o salto de obstáculo						
Ângulo da cabeça (cm)		-0,0319	0,969			
Ângulo do pescoço (°)	8,2339	-0,0909	0,913	64,7	34,8	267/111
Distância vertical soldra-boleto (cm)		-0,0307	0,970			

β = valor estimado das variáveis regressoras; β_0 = intercepto; 1. Razão entre chances = *Odds Ratio*; 2. Probabilidade de pares observações-predições concordantes e discordantes. 3. Número de salto com sucesso / número de salto com insucesso.

O efeito da altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo apresentou grande importância sobre o resultado do salto, pois a cada centímetro que o potro recolhia os

membros torácicos há um aumento na chance de sucesso de 17,1%, dentro do intervalo de confiança de 12,5 a 22%. Apesar do aumento da altura do obstáculo, de 60 cm, no primeiro momento de avaliação, para 105 cm, na terceira, houve aumento da distância da batida proporcional possibilitando sucesso no salto.

Nas características inerentes aos potros houve efeito do ângulo da cabeça, do ângulo do pescoço e da distância vertical soldra-boleto, mas com pequena ocorrência de pares concordante, de 64,7%. Para as três características os valores estimados dos coeficientes de regressão negativos e as razões entre chances de sucesso e insucesso menores do que um, indicando que para evitar o derrube do obstáculo seria necessário que os potros apresentassem menores ângulos da cabeça e pescoço e menores distâncias entre soldra e boleto. Essa última característica está relacionada como o recolhimento dos membros pélvicos, sendo desejado o menor valor. Mas, como se trata de uma medida vertical, ou seja, é a diferença de nível entre dois pontos, é interessante notar que o boleto pélvico não deve estar muito perto do corpo, pois isso indicaria que os membros estariam “embutidos” quando o que se deseja é que os potros possam elevar os membros pélvicos para trás, na tentativa de evitar a falta e de se preparar para a aterrissagem.

Os modelos de predição da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade utilizando as características de desempenho e inerentes de potros durante o salto de obstáculo com 22 a 39 meses de idade (primeiro, segundo e terceiro momento de avaliação em conjunto) estão apresentadas na Tabela 6. No modelo da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros das características de desempenho verifica-se que os efeitos da distância da batida, da altura da pinça torácica sobre o obstáculo, da velocidade da passada sobre o obstáculo e do momento de avaliação foram significativos, com 82,1% de pares concordantes, similar ao observado no primeiro e no terceiro momento de avaliação.

A distância da batida e a altura da pinça torácica sobre o obstáculo apresentaram o mesmo padrão observado nas análises torácicoes. A velocidade da passada sobre o obstáculo apresentou estimativa do coeficiente de regressão negativo e razão entre as chances de sucesso e insucesso de 0,756, indicando que o aumento em uma unidade (m/s) reduziu em 24,4% as chances de se obter sucesso no salto sobre o obstáculo. Dessa forma, o potro deve abordar o obstáculo de forma mais calma e conseguir impulsão necessária para ultrapassar o obstáculo sem aumentar a velocidade. De forma semelhante, POWERS & HARRISON (2000) verificaram que os melhores animais de salto apresentaram menores velocidades. Porém, BOBBERT et al. (2005) verificaram que equinos considerados como melhores saltadores tiveram a maior velocidade durante a fase de vôo, possivelmente pelo fato dos animais daquele estudo não terem alçado muito além da altura do obstáculo. Em outras palavras, os melhores cavalos de salto, segundo esses autores, apresentaram saltos mais baixos que os piores, porém não derrubaram o obstáculo, pois realizavam maior flexão dos membros.

Tabela 6. Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com as características de desempenho e inerentes aos potros, separadamente

Variáveis regressoras	Coeficiente de Regressão		Razão entre chances ¹	% pares ²		Suc/Inc ³
	β_0	β	Conc.	Disc.		
Características de desempenho dos potros durante o salto de obstáculo						
Distância da batida (cm)		0,0263	1,027			
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)		0,1068	1,113			
Velocidade da passada sobre o obstáculo (m/s)	-1,8629	-0,2796	0,756	82,1	17,6	884/189
Momento de avaliação	1º	1,0509	7,737			
	2º	-0,0556	2,559			
	3º	0,0000	0,000			
Características de inerentes aos potros durante o salto de obstáculo						
Distância vertical escápula-boleto (cm)		-3,9679	0,019			
Momento de avaliação	1º	3,8012	0,5395	3,974	67,4	30,7
	2º		0,3008	3,974		1029/199
	3º		0,000	3,130		

β = valor estimado das variáveis regressoras; β_0 = intercepto; 1. Razão entre chances = *Odds Ratio*; 2. Probabilidade de pares observações-predições concordantes e discordantes. 3. Número de salto com sucesso / número de salto com insucesso.

Nas características inerentes aos potros apenas o efeito da distância vertical escápula-boleto e do momento de avaliação foram significativos, com a menor percentual de pares concordantes (67,4%) do que as características de desempenho. A distância vertical escápula-boleto está relacionada com o recolhimento dos membros torácicos e o derrube do obstáculo, sendo desejável um menor valor. Esta observação está condizente com o modelo proposto, no qual essa variável apresentou a maior probabilidade (98,1%), de ocorrência de sucesso no salto, com a redução de uma unidade (centímetro), no intervalo de confiança de 99,8 a 81,5%.

As características incluídas nos modelos supracitados apresentaram estimativas de repetibilidade variando de 0,19 a 0,65, sendo o menor valor da estimativa de repetibilidade para a altura da pinça torácica sobre o obstáculo na avaliação geral e a maior do ângulo do pescoço no terceiro momento de avaliação (GODOI et al., 2012c).

Também foi realizada a análise de modelagem com a inclusão de todas as características dos potros em estação e durante o salto de obstáculo avaliadas em conjunto dentro de cada momento de avaliação (Tabela 7).

Tabela 7. Modelagem da probabilidade de sucesso no salto de obstáculo em liberdade de potros com todas as características utilizadas em conjunto, separado por momentos de avaliação e análise geral conjunta de todas as características durante o salto de obstáculo

Variáveis regressoras		Coeficiente de Regressão		Razão entre chances ²	% pares ²		Suc/Inc ³
		β_0	β		Conc.	Disc.	
Primeiro momento de avaliação							
Idade (dias)			-0,0215	0,979			
Ângulo rádio-carpo-metacarpiano* (°)			-0,2715	0,762			
Distância da batida (cm)		70,0813	0,0281	1,028	90,9	8,6	264/30
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)			0,0753	1,078			
Ângulo do pescoço** (°)			-0,1521	0,859			
Segundo momento de avaliação							
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)		6,5476	0,0910	1,095	74,4	25,1	281/35
Ângulo cernelha-garupa-boleto(°)			-0,0436	0,957			
Terceiro momento de avaliação							
Distância da batida (cm)			0,0275	1,028			
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)		-4,0909	0,1641	1,178	83,8	16,1	216/89
Distância vertical soldra-boleto (cm)			-0,0376	0,963			
Avaliação geral das características durante o salto							
Distância da batida (cm)			0,0259	1,026			
Altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo (cm)			0,1060	1,112			
Velocidade da passada sobre o obstáculo (m/s)		-1,7734	-0,2788	0,757	81,9	17,8	859/178
Momento de avaliação	1º		1,0385	7,546			
	2º		-0,0561	2,525			
	3º		0,0000	0,000			

β = valor estimado das variáveis regressoras; β_0 = intercepto; 1.Razão entre chances = *Odds Ratio*; 2. Probabilidade de pares observações-predições concordantes e discordantes. 3. Número de salto com sucesso / número de salto com insucesso; idade = idade do potro no momento da avaliação; *estação; **durante o salto.

No primeiro momento de avaliação houve efeito significativo da idade dos potros, do ângulo rádio-carpo-metacarpiano dos potros em estação, da distância da batida, da altura da pinça torácica sobre o obstáculo e do ângulo do pescoço durante o salto. Este modelo de predição do sucesso dos potros durante o salto de obstáculo apresentou a maior ocorrência de pares concordantes, de 90,9%. A característica angular dos potros em estação, ângulo rádio-carpo-metacarpiano, apresentou coeficiente de regressão com valor estimado negativo, indicando com o aumento no valor dessa angulação ocorreu redução de 23,8% nas chances de se obter sucesso no salto (Figura 1). As demais características apresentaram comportamento similar ao discutido anteriormente (Figuras 2, 3 e 4).

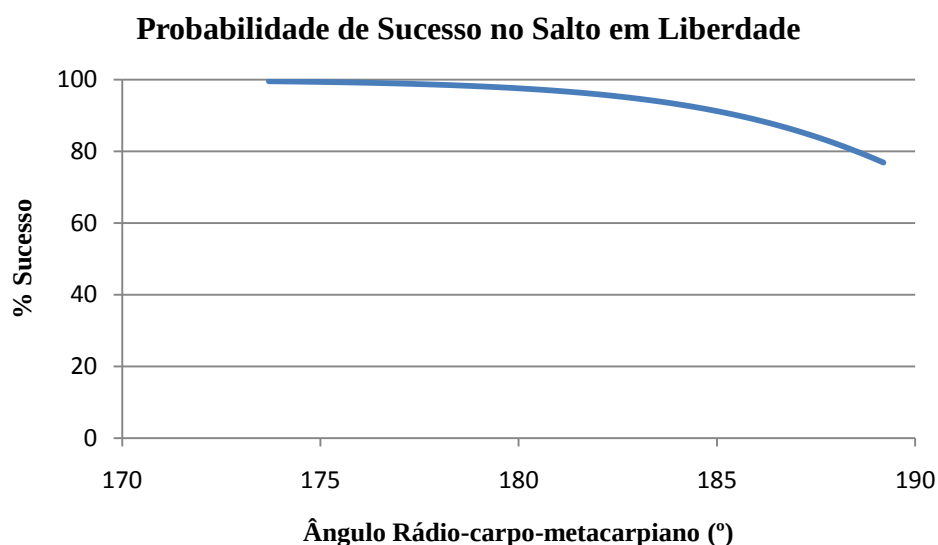


Figura 1. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo rádio-carpo-metacarpiano dos potros em estação no primeiro momento de avaliação

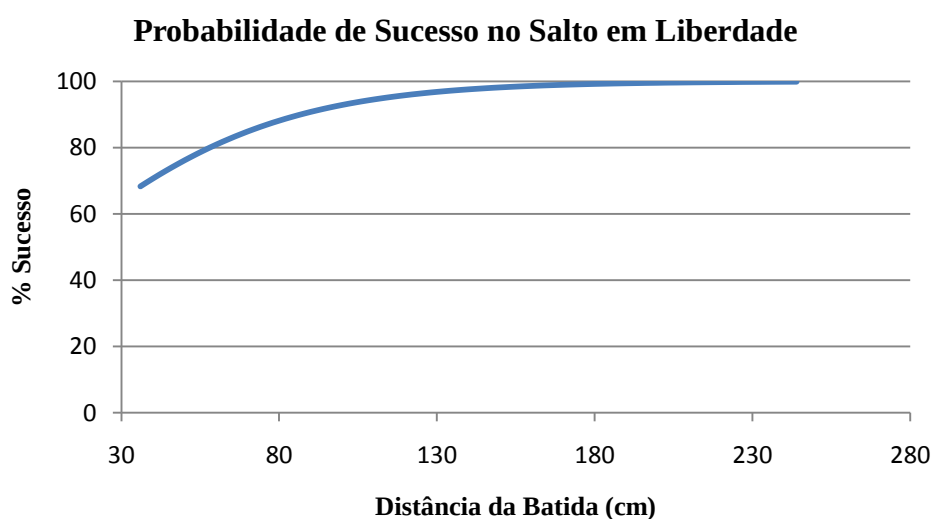


Figura 2. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância da batida no primeiro momento de avaliação

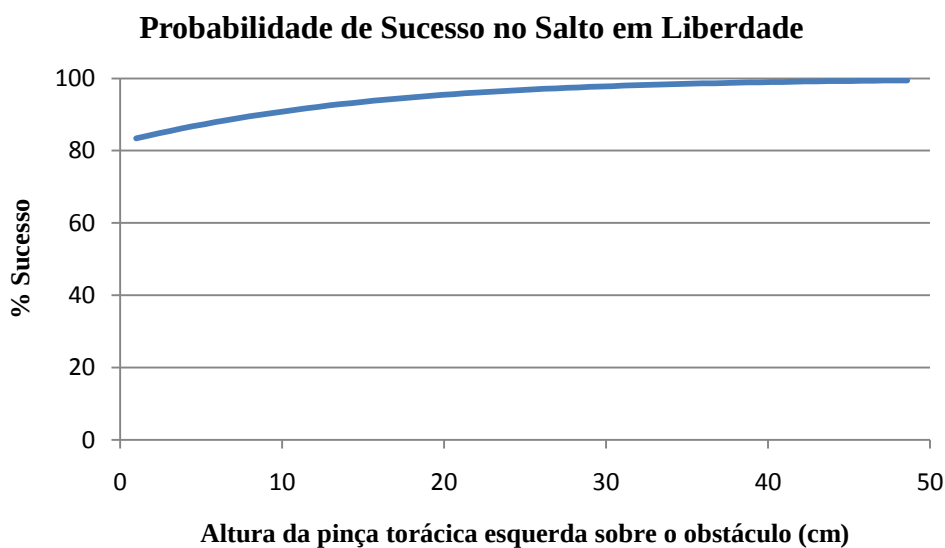


Figura 3. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no primeiro momento de avaliação

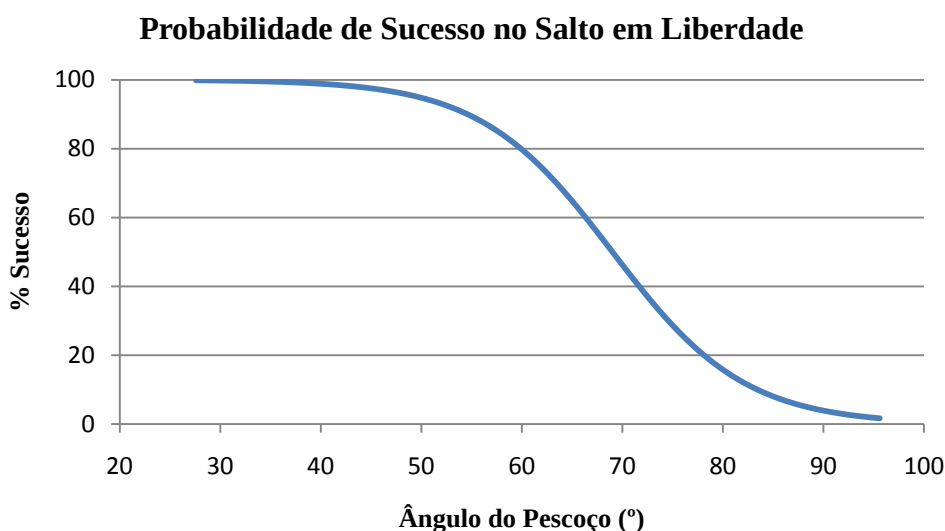


Figura 4. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo do pescoço dos potros durante o salto em liberdade no primeiro momento de avaliação

No segundo momento de avaliação, apenas os efeitos da altura da pinça torácica sobre o obstáculo e do ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico apresentaram significância, com 74,4% de pares concordantes. Essa foi a primeira vez que o ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico apareceu em um modelo selecionado. As análises de modelagem no segundo momento de avaliação sempre apresentaram menores números de características significativas e, algumas vezes, nenhuma.

Segundo o modelo avaliado, o aumento de um grau do ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico reduziria a probabilidade de sucesso em 4,3%. Essa variável apresentou baixo intervalo de confiança, de 0,2 a 8,1% (Figura 5).

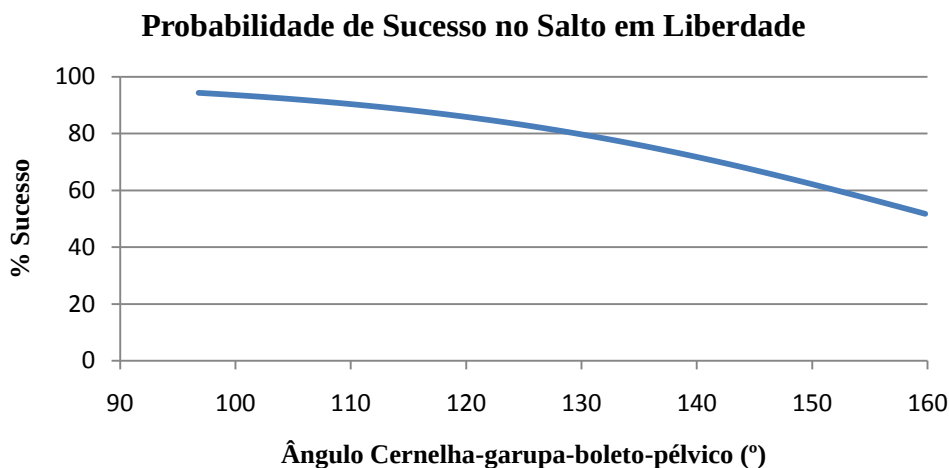


Figura 5. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica ângulo do cernelha-garupa-boleto-pélvico dos potros durante o salto em liberdade no segundo momento de avaliação

O ângulo cernelha-garupa-boleto-pélvico se relaciona com o movimento da coluna do equino e a retroflexão dos membros pélvicos quando esses passam sobre o obstáculo. Dessa forma, é desejável maior valor desse ângulo possibilitando maior flexionamento da coluna dos animais e maior retroflexão dos membros. Porém, para potros sem treinamento é difícil obter esse movimento da coluna durante o salto. Provavelmente, potros utilizaram outros meios para retroflexão dos membros sem flexionar a coluna, como o uso de outras angulações do segmento pélvico. Isso pode ser corroborado com os resultados obtidos por SCHLUP (2010) em que, após cinco meses de treinamento, os potros ainda não conseguiam movimentar a coluna o suficiente para causar alterações neste ângulo.

A altura da pinça torácica esquerda apresentou coeficiente de regressão de 0,0910%/cm e razão entre chances de 1,095 indicando que o aumento em um centímetro da distância entre a pinça torácica e a vara do obstáculo proporciona o aumento em 9,5% da probabilidade de sucesso no salto, com intervalo de confiança de 5 a 14,1% (Figura 6).

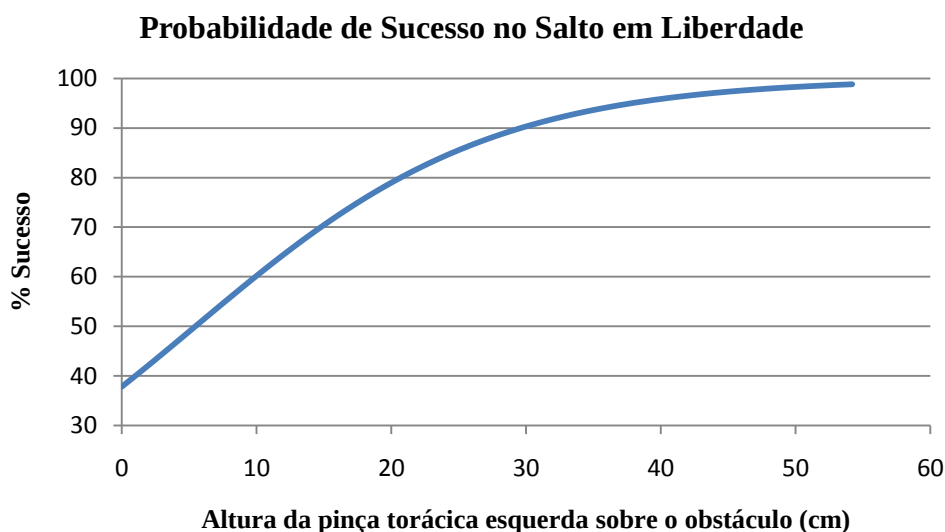


Figura 6. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no segundo momento de avaliação

No terceiro momento de avaliação, a distância da batida, altura da pinça torácica sobre o obstáculo e a distância vertical soldra-boleto apresentaram efeitos significativos com 83,8% de pares concordantes. Neste modelo pode-se observar que o aumento de um centímetro nas características distância da batida e altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo aumentaria a probabilidade de sucesso no salto em 2,8% e 17,8%, respectivamente (Figuras 7 e 8). Já o aumento em um centímetro na distância soldra-boleto reduziria a probabilidade de sucesso no salto em 4,3% (Figura 9).

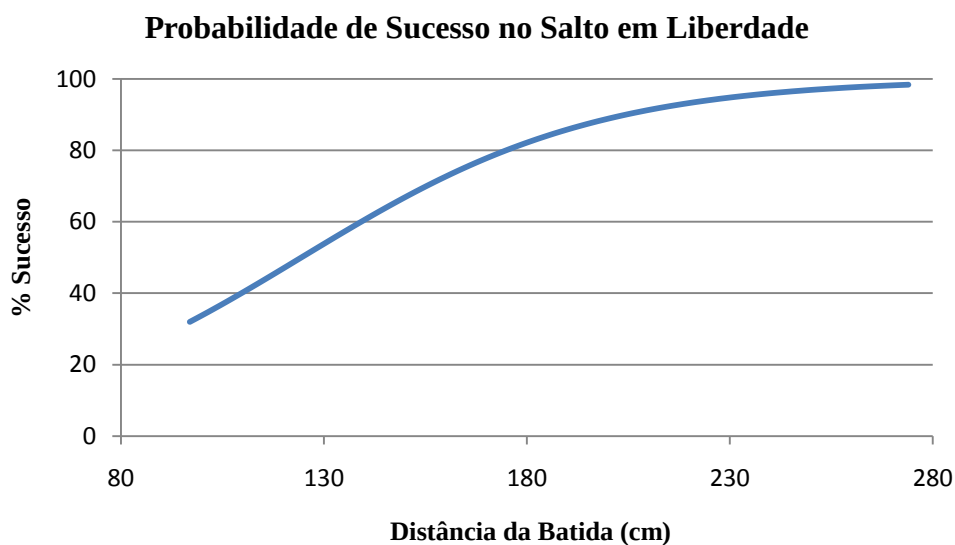


Figura 7. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância da batida no terceiro momento de avaliação

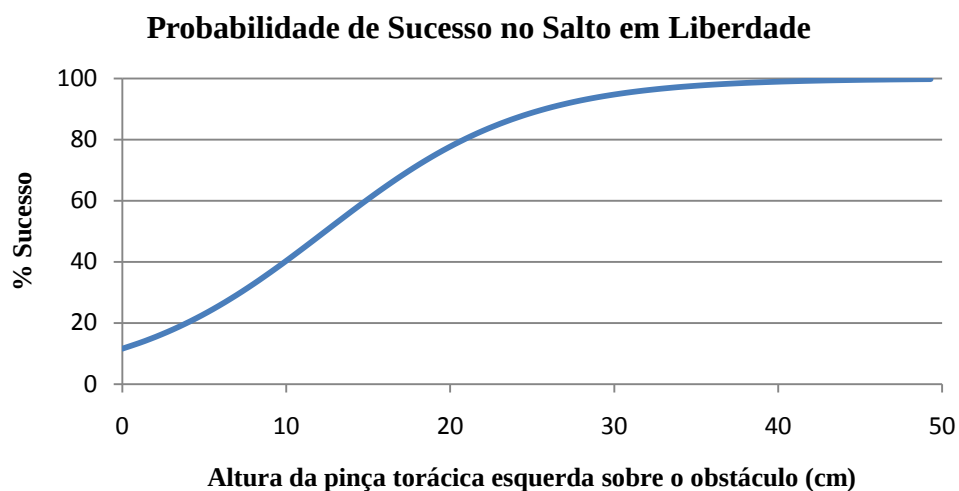


Figura 8. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo no terceiro momento de avaliação

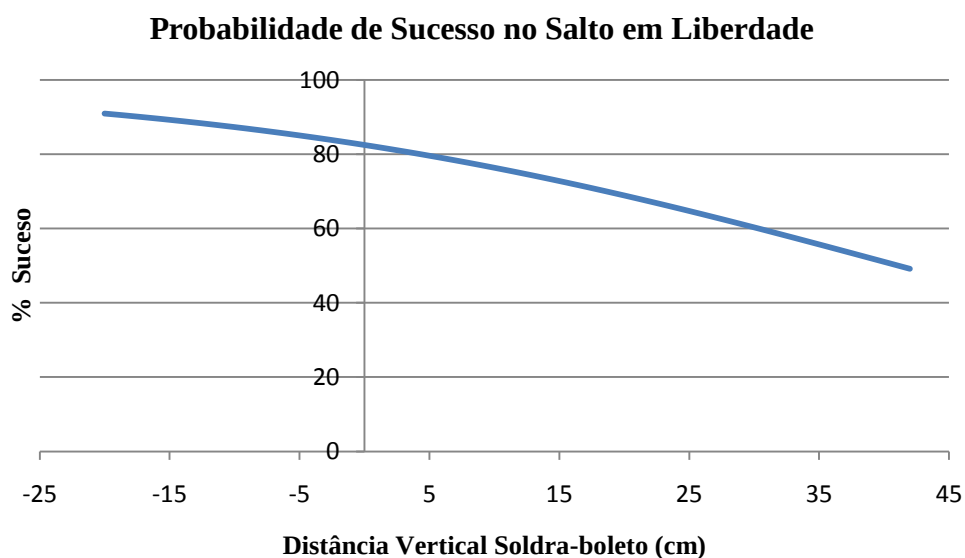


Figura 9. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica distância vertical soldra-boleto durante o salto em liberdade no terceiro momento de avaliação

Vale a pena ressaltar que a característica distância da batida apresentou o mesmo valor para a razão entre chances (2,8%) e coeficiente de regressão similar (0,0281 e 0,0275 %/cm) no primeiro e terceiro momento, respectivamente (Figuras 2 e 7). A característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo apresentou maiores coeficiente de regressão e probabilidade de sucesso com o aumento da altura do obstáculo. No primeiro momento de avaliação, a altura do obstáculo foi de 60 cm e o valor do coeficiente de regressão e probabilidade de sucesso no salto desta característica foram de 0,0573%/cm e 7,8%. No

segundo momento, a altura do obstáculo foi de 80 cm e o valor do coeficiente de regressão e probabilidade de sucesso foram de 0,0910%/cm e 9,5%. E, no terceiro momento, a altura do obstáculo foi de 105 cm e o coeficiente de regressão e probabilidade de sucesso no salto foram de 0,1060%/cm e 17,8%, respectivamente. Essas variações na probabilidade de sucesso no salto de obstáculo da altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo podem ser observadas nas Figuras 3, 6 e 8.

Quando foi realizada a análise incluindo todas as características dos potros durante o salto em liberdade e todos os momentos de avaliação em conjunto, os efeitos das características distância da batida, altura da pinça torácica sobre o obstáculo e velocidade da passada sobre o obstáculo foram significativos e, ainda, houve efeito do momento de avaliação, com 81,9% de pares concordantes.

Neste modelo pode-se observar que o aumento de um centímetro nas características distância da batida e altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo aumentaria a probabilidade de sucesso no salto em 2,6% e 11,2%, respectivamente (Figuras 10 e 11). Já o aumento em uma unidade (m/s) na característica velocidade da passada sobre o obstáculo reduziria a probabilidade de sucesso no salto em 24,3% (Figura 12).

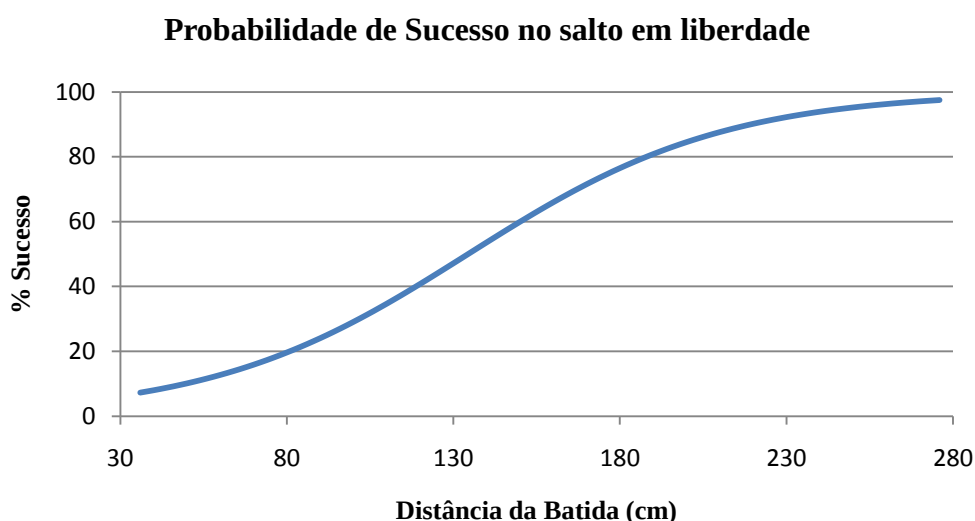


Figura 10. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da probabilidade de sucesso no salto da característica distância da batida na análise geral

Pode-se observar que, das características selecionadas para permanecerem nos modelos de predição, a maioria são de desempenho. Esse fato pode ser exemplificado na última análise, que incluiu o conjunto das características de desempenho e inerentes aos potros e como resultado, somente as características de desempenho apresentaram efeito significativo. Para este grupo de características, as que mais participaram de modelos selecionados foram a distância da batida e a altura da pinça torácica sobre o obstáculo, sendo que essa última foi selecionada em todos, revelando a importância da flexão dos membros torácicos no sucesso do salto. As características selecionadas para permanecerem nos modelos de predição

apresentaram coeficiente de variação entre 1,45 a 52,40%, sendo a altura da pinça torácica esquerda apresentou maior instabilidade.

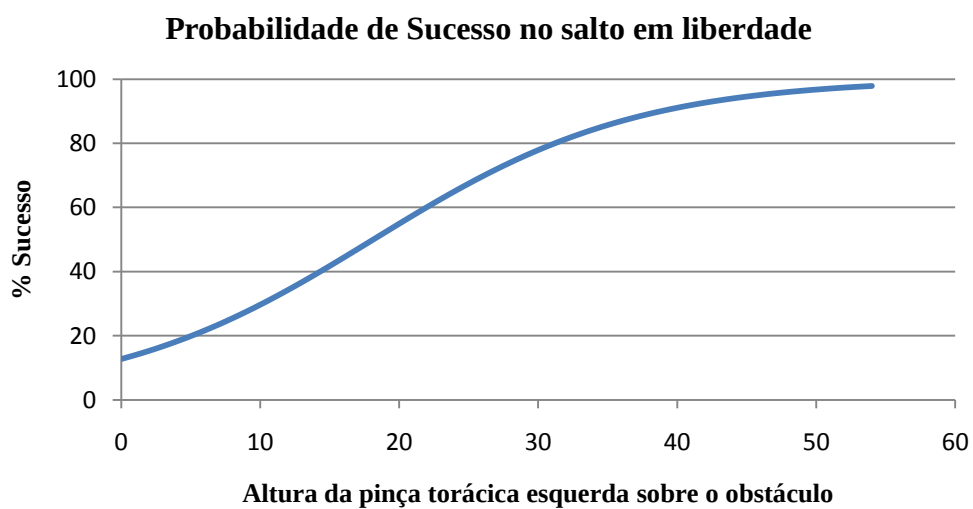


Figura 11. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica altura da pinça torácica esquerda sobre o obstáculo na análise geral

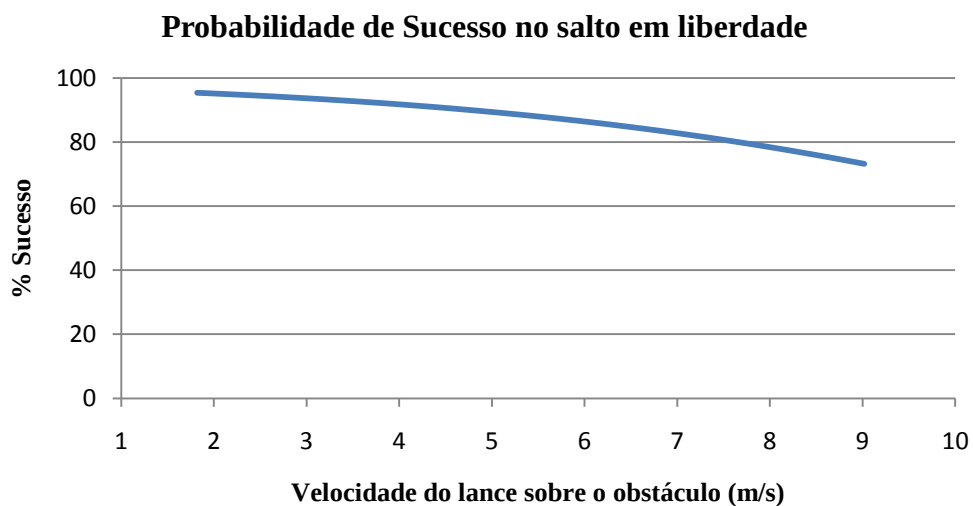


Figura 12. Modelo de predição do sucesso no salto em liberdade da característica velocidade da passada sobre o obstáculo na análise geral

4. CONCLUSÕES

Para aumentar a chance de sucesso no salto é necessário reduzir a amplitude da passada anterior ao obstáculo e, dessa forma, aumentar a distância da batida para proporcionar maior altura da pinça torácica sobre o obstáculo. Além disso, o animal deve ser capaz de ultrapassar o obstáculo com menor velocidade, apresentar os membros torácicos mais flexionados com menor distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto torácico; e também maior ângulo femoro-tibial na passagem dos membros pélvicos sobre o obstáculo.

Os ângulos da cabeça e do pescoço mostraram-se importantes, contribuindo para o sucesso do salto, sendo desejável que estes possuam valores menores para maior efeito na parábola do salto.

5. REFERÊNCIAS

- BARREY, E. Biomechanics of locomotion in the athletic horse. In: HINCHCLIFF, K.W.; GEOR, R.J.; KANEPS, A.J. *Equine Exercise Physiology – The Science of Exercise in the Athletic Horse*. Saunders, p.143-168, 2008.
- BASLER – Câmeras Basler. Disponível em: <http://www.baslerweb.com>. Acesso em: 27/11/2011.
- BERGMANN, J.A.G.; HOHENBOKEN, W.D. Prediction of fertility from calthood traits of Angus and Simenthal heifers. *Journal of Animal Science*, v.70, n.8, p.2611-2621, 1992.
- BOBBERT, M.; SANTAMARÍA, S.; Van WEEREN, P.R. et al. Can jumping capacity of adult show jumping horses be predicted on the basis of sub maximal free jumps at foal age? A longitudinal study. *The Veterinary Journal*, v.170, p. 212-221, 2005.
- BURITY, B. *Influência de boleadeiras de diferentes pesos na trajetória de salto*. 2010, 45 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro.
- CABRAL, G.C.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. et al. Avaliação Morfométrica de Equinos da Raça Mangalarga Marchador: Medidas Angulares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1790-1797, 2004.
- CBH – *Confederação Brasileira De Hipismo*. Regulamento de Salto. Disponível em: [http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011\(1\).pdf](http://www.cbh.org.br/admin/arquivos/regulamento_salto%20_cbh_2011(1).pdf). Acesso em: 12/12/2011.
- CLAYTON, H.M.; SCHAMHARDT, H.C. Measurement Techniques for Gait Analysis. In: Back, W; Clayton, H.M. W.B. *Equine Locomotion*. Saunders, p.55-76, 2001.
- DEUEL, N.R., PARK, J. Kinematic analysis of jumping sequences of Olympic show jumping horses. *Equine Exercise Physiology*, v.3, p.158-166, 1991.
- FEI - *Fédération Equestre Internationale*, 2012. Disponível em: http://search.fei.org/Search_Centre/Result/Pages/CompetitionSearch.aspx?p=26BF0222A68DB4C13B657FEA80E75A0F47095F10B39A33D35DBAD80C3B151DA38FF26B802671B090DBCF29E57FFBC718. Acesso em: 18/01/12.
- FREUND, R.J.; LITTELL, R.C. SAS[®] *System for Regression*. SAS Institute, 2000. 3ª ed. SAS Institute Inc, Cary, NC. 235p.
- GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Metodologia da análise morfométrica de equinos em estação e da análise cinemática dos equinos durante o salto em liberdade. *Ciência Rural*. Em submissão, 2012a.
- GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Análise de componentes principais de características morfométricas e cinemáticas de potros em estação e no salto em liberdade. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Em submissão. 2012b.

GODOI, F.N.; BERGMANN, J.A.G.; ALMEIDA, F.Q. Estimativas de repetibilidade de variáveis associadas ao desempenho de potros durante o salto de obstáculos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. Em submissão. 2012c.

LEWCZUK, D.; SLONIEWSKI, Z.; REKLEWSKI, Z. Repeatability of the horse's jumping parameters with and without the rider. *Livestock Science*, n.99, p.125-130, 2006.

MEYER, H. Distúrbios e enfermidades ocasionados pela alimentação – Distúrbios do sistema locomotor. *Alimentação de cavalos*. São Paulo: Varela, cap. 8., p.253-259, 1995.

EsEqEx – Escola de Equitação do Exército. 5º *Jogos Mundiais Militares do CISM*. Disponível em: http://www.eseqex.ensino.eb.br/equitacao/index.php?option=com_content&view=article&id=159&Itemid=197/. Acesso em: 18/01/2012.

POWERS, P.N.R.; HARRISON, A.J. A study on the techniques used by untrained horses during loose jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*, v.20, n.12, p. 844-850, 2000.

REGULAMENTO para *Aprovação de Reprodutores para a Formação da Raça Brasileira de Hipismo*. Disponível em: http://www.brasileirodehipismo.com.br/upload/arquivos/REGULAMENTO_STUDBOOK_FINAL_2011.pdf. Acesso em: 14/12/2011.

SANTAMARIA, S.; BOBBERT, M.F.; BACK, W. et al. Can early training of show jumpers bias outcome of selection events? *Livestock Science*, v.102, p.163-170, 2006.

SANTAMARIA, S.; BACK, W.; van WEEREN, P.R. et al. Jumping characteristics of naïve foals: lead changes and description of temporal and linear parameters. *Equine Veterinary Journal*, v.34, p. 302-307, 2002.

SCHLUP, E. *Cinâmica do Salto de Equinos de Iniciação Esportiva na Escola de Equitação do Exército*. 2010, 55p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SILVA, C.E.L.A. *Parâmetros morfológicos de equinos novos em estação e durante o salto na Escola de equitação do exército*. 2009, 58 f. Monografia (*Latu sensu* em Equitação) - Escola de Equitação do Exército, Rio de Janeiro.

SIMI - *Reality Motion Systems*. Disponível em: Acesso em: <http://www.simi.de>. Acesso em: 27/11/11.

VASCONCELOS, F.O.; GODOI, F.N.; TORAL, F.L.B. et al. Efeitos genéticos e de ambiente sobre parâmetros da curva de crescimento de equinos da raça Brasileiro de Hipismo e mestiços. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8. 2010. *Anais...* Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, Maringá, PR, 2010.

3.CONCLUSÕES GERAIS

O conhecimento das características de desempenho e das características inerentes ao potro visa descrever quantitativamente o desempenho dos equinos no salto de obstáculo, propiciando a execução de análises como de correlação, de repetibilidade, de herdabilidade, dentre outras. Com estes resultados é possível desenvolver banco de dados para aprimorar a escolha dos animais ainda jovens com qualidades inatas para o salto, quando o preço de compra tende a ser mais acessível e possibilitando a economia de tempo e de recursos financeiros no treinamento.

As características avaliadas na região do tronco dos potros são as variáveis menos sujeitas a efeitos temporários de ambiente, apresentando maiores valores de estimativas de repetibilidade. Os ângulos escápulo-umeral A e B e coxo-femoral, velocidade da passada sobre o obstáculo, deslocamento horizontal da cernelha no salto e distância da recepção necessitam de menor número de saltos para selecionar potros na modalidade de salto.

As características de desempenho amplitude da passada anterior ao obstáculo distância da batida altura dos membros torácicos e pélvicos sobre o obstáculo são variáveis utilizadas e mais facilmente visualizadas pelos juízes e pelos treinadores, porém apresentaram baixa repetibilidade, necessitando de maior número de saltos para descrever a capacidade dos potros.

Na análise dos componentes principais, as 48 características iniciais foram reduzidas para 18 no primeiro e no terceiro momento de avaliação e para 19 no segundo momento de avaliação. Dentre as características morfológicas dos potros em estação, a análise de componentes principais possibilitou a exclusão de 50 a 72%, sendo as características angulares as que menos foram descartadas. As características lineares dos potros em estação selecionadas indicam associação com o porte dos equinos.

As análises de componentes principais possibilitaram sintetizar as características cinemáticas dos potros durante o salto na abordagem ao obstáculo e possibilidade de derrube do obstáculo com os membros e, descartou 64% dessas características, em ambos os grupos. As características angulares selecionadas foram similares nos potros em estação e no salto em liberdade.

Para o sucesso no salto é necessário reduzir a amplitude da passada anterior ao obstáculo e, dessa forma, aumentar a distância da batida proporcionando maior altura da pinça do membro torácico. Além disso, o animal deve ser capaz de ultrapassar o obstáculo com menor velocidade, com os membros torácicos mais flexionados e menor distância vertical da articulação úmero-radial ao boleto do membro torácico; e também maior ângulo femoro-tibial na passagem dos membros pélvicos sobre o obstáculo.

Os ângulos da cabeça e do pescoço mostraram-se importantes contribuindo para o sucesso do salto, sendo desejável que estes possuam valores menores para maior efeito na parábola do salto.