



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



Avaliação do crescimento de potros da raça Crioula utilizando modelos não lineares

Marjana Colombi Martins

Pelotas, 2023

Marjana Colombi Martins

Avaliação do crescimento de potros da raça crioula utilizando modelos não lineares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Prof.^a Orientadora: Arione Augusti Boligon
Prof.^a Coorientadora: Anelise Hammes Pimentel

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação da Publicação

M379a Martins, Marjana Colombi

Avaliação do crescimento de potros da raça Crioula utilizando modelos não lineares [recurso eletrônico] / Marjana Colombi Martins ; Arione Augusti Boligon, orientadora ; Anelise Hammes Pimentel, coorientadora. — Pelotas, 2023.

37 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. Equinos. 2. Raça Crioula. 3. Potros - altura - peso. 4. Curva de crescimento. I. Boligon, Arione Augusti, orient. II. Pimentel, Anelise Hammes, coorient. III. Título.

CDD 636.10896

Marjana Colombi Martins

**Avaliação do crescimento de potros da raça Crioula utilizando
modelos não lineares**

Dissertação apresentada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Produção Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 10/03/2023

Banca examinadora:

.....
Profª. Dra. Arione Boligon (Orientadora)
Doutora em Genética e Melhoramento Animal pela Universidade Estadual Paulista
Julio de Mesquita Filho

.....
Profª Dra. Sandra Mara da Encarnação Fiala Rechsteiner
Doutora em Ciências Veterinárias pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

.....
Dr. João Ricardo Malheiros de Souza
Doutor em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Santa Maria

.....
Dr. Rodrigo Carneiro de Campos de Azambuja
Doutor em Zootecnia pela Universidade Federal de Pelotas.

Agradecimentos

À Deus, por me fortalecer diariamente,

À meus pais, Nei e Aparecida por estarem sempre ao meu lado, dando força e apoio em todos os momentos, pelo amor, carinho, parceria e compreensão ao longo da minha jornada acadêmica. Tudo é por vocês!

Aos meus irmãos, Morgana e Natan, que sempre estiveram prontos a ajudar e mesmo longe estiveram presentes, com palavras carinho e apoio.

As minhas orientadoras professoras Anelise Pimentel e Arione Boligon, que foram incansáveis em meio a pandemia do COVID-19, dando suporte em todo o andamento desse trabalho, além de se tornarem grandes amigas, por quais tenho profundo carinho, admiração e agradecimento.

À colega e amiga, Juliana Fonseca, pelo apoio desde o início desse trabalho, pelas conversas, trocas de ideias, por estar presente nos momentos alegres e tristes, por dividir essa caminhada da pós-graduação, tornando-a mais leve e prazerosa.

À também colega e amiga, Juliana Souza, que entrou como um anjo no decorrer dessa caminhada, faltam palavras para expressar todo carinho e agradecimento pelo suporte inigualável ao longo desse projeto. Obrigada pela parceria, pela motivação constante, pelas conversas, palavras de apoio e toda ajuda prestada.

Aos amigos e familiares, que entenderam a ausência em momentos importantes e sempre deram incentivo e apoio para realizar esse sonho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que chegasse até aqui.

Muito Obrigada!

*“Deus não escolhe os capacitados, capacita os escolhidos.
Fazer ou não fazer algo só depende de nossa vontade e perseverança”.*
Albert Einstein

Resumo

MARTINS, Marjana Colombi. **Avaliação do crescimento de potros da raça Crioula utilizando modelos não lineares.** 2023. 36f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Animal) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

O presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o crescimento de potros da raça Crioula do nascimento aos dois anos de idade, utilizando modelos não lineares de Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy. Foram utilizados dados de peso, altura, perímetro de tórax e de canela obtidos de 75 potros provenientes de duas propriedades localizadas na região Sul do Brasil. O peso foi mensurado individualmente, com o uso de uma balança convencional. A altura foi obtida com a utilização de um hipômetro, com os potros posicionados com os quatro membros apoiados no solo, em piso horizontal e uniforme. O perímetro de tórax foi mensurado com o uso de uma fita métrica, passando ao final da cernelha. O perímetro de canela foi obtido com auxílio de uma fita métrica envolvida no nível do terço medial do terceiro metacarpiano do membro anterior esquerdo. As medidas morfométricas estudadas apresentaram valores variando de 63kg a 325kg (peso), 0,92m a 1,32m (altura), 0,88m a 1,58m (perímetro de tórax) e 0,12m a 0,18m (perímetro de canela). Para caracterização de peso, altura e perímetro de tórax, o modelo de Brody apresentou os melhores ajustes. O modelo de Gompertz foi o mais indicado para descrever a curva de crescimento do perímetro de canela. Parte da população avaliada não atingiu as medidas mínimas exigidas pela raça para as características de altura e perímetro de tórax. O aumento mais acelerado na altura dos animais foi observado até aproximadamente 12 meses de idade, diminuindo e apresentando homogeneidade posteriormente. O perímetro de tórax apresentou crescimento mais homogêneo nos animais até os 12 meses de idade, com crescimento mais lento e de maior variabilidade observado a partir dos 18 meses de idade. O perímetro de canela apresentou um crescimento expressivo nos primeiros meses de vida, mostrando estabilidade até os 24 meses.

Palavras chaves: altura, curva de crescimento, equinos, perímetro de canela, perímetro de tórax, peso.

Abstract

MARTINS, Marjana Colombi. **Evaluation of growth of Crioulo breed foals us nonlinear models.** 2023. 36f. Dissertation (Master in Animal Breeding) – Postgraduate program in Animal Science. Federal University of Pelotas, Pelotas.

The present study was developed with the objective of evaluating the growth of Crioulo foals from birth to two years of age, using nonlinear models of Brody, Gompertz, Logistic and Von Bertalanffy. Data on weight, height, thorax and shin circumference measured in 75 foals from two properties located in southern Brazil were used. Weight was measured individually, using a conventional scale. The height was obtained using a hypometer, with the foals positioned with the four limbs resting on the ground, on a horizontal and uniform floor. The thorax perimeter was measured using a measuring tape, passing to the end of the withers. The shin perimeter was obtained with the aid of a curved measuring tape at the level of the medial third of the third metacarpal of the left forelimb. The morphometric measurements studied showed values ranging from 63kg to 325kg (weight), 0.92m to 1.32m (height), 0.88m to 1.58m (chest perimeter) and 0.12m to 0.18m (shin perimeter). For weight, height and chest circumference characteristics, the Brody model presented the best adjustments. The Gompertz model was the most suitable to describe the growth curve of the shin perimeter. Part of the population did not meet the minimum measures required by the race for the characteristics of height and thoracic perimeter. The most accelerated increase in the height of the animals was observed until approximately 12 months of age, decreasing and presenting homogeneity later on. Chest circumference showed more homogeneous growth in animals from 12 months of age up, with slower growth and greater variability observed from 18 months of age. The shin perimeter showed a significant growth in the first months of life, showing stability up to 24 months.

Keywords: Growth curve, height, horses, chest perimeter, shin perimeter, weight.

Lista de Figuras

Figura 1 - Pesos médios observados (•) e preditos (-) com o modelo não linear de Brody para equinos da raça Crioula.....	26
Figura 2 - Evolução dos valores de altura de cernelha observados (•) e preditos (-) através do modelo não linear de Brody.....	28
Figura 3 - Evolução dos valores de perímetro de tórax observados (•) e preditos (-) através do modelo não linear de Brody.....	29
Figura 4 - Evolução do perímetro de Canela observados (•) e preditos (-) através do modelo não linear de Brody.....	31

Lista de Tabelas

Tabela 1 -	Medidas do cavalo Crioulo (DOWDALL, 1982).....	14
Tabela 2 -	Medidas de animais premiados em Palermo no período de 1971 a 1975.....	14
Tabela 3 -	Medidas morfométricas de padrão da raça Crioula (ABCCC).....	15
Tabela 4 -	Médias e respectivos desvios padrão de medidas morfométricas de potros da raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade.....	22
Tabela 5 -	Estimativas dos parâmetros (A, b e k) e erro padrão (EP), <i>coeficiente</i> de variação (R^2), quadrado médio do erro (QME), critério de informação Akaike (AIC) e critério bayesiano de Schwartz (BIC) de acordo com os modelos não lineares estudados.....	24

Sumário

1.	Introdução	11
2.	Revisão de Literatura	14
2.1	Breve histórico da raça Crioula	14
2.2	Modelos matemáticos	16
2.3	Medidas utilizadas para avaliar o crescimento animal	18
2.3.1	Peso vivo	18
2.3.2	Medidas morfométricas	19
3.	Material e Métodos	20
4.	Resultados e Discussão	22
5.	Conclusão	33
6.	Referências Bibliográficas	34

1. Introdução

A equinocultura, área da zootecnia que estuda a criação de equinos (ALMEIDA, 2013), tem se destacado em países desenvolvidos e nos que estão em constante desenvolvimento, como o Brasil, que possui o quarto maior rebanho equino do mundo, com mais de 5 milhões de cabeças, movimentando mais de 16 bilhões de reais anualmente (LIMA e CINTRA, 2016).

Os equinos se destacam em diversas atividades relacionadas com esporte, lazer e trabalho. No Brasil estima-se que, do total do rebanho equino, aproximadamente 3,9 milhões são animais para esporte, lazer e criação, enquanto os demais 1,1 milhão são para trabalho (LIMA e CINTRA, 2016). Minas Gerais é o estado brasileiro com a maior população de equinos, com 828 mil animais, seguido pelo Mato Grosso, que apresenta um rebanho de 547 mil animais, e o Rio Grande do Sul, que ocupa o 3º lugar no ranking nacional com mais de 520 mil equinos (IBGE, 2021). O rebanho equino do estado gaúcho é formado principalmente por animais da raça Crioula, considerada símbolo cultural do estado desde 2002, sendo uma das 26 raças presentes no território nacional.

De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos (ABCCC), a região Sul é responsável por 95% da população de cavalos Crioulos no Brasil, sendo que destes, 85% estão no Rio Grande do Sul (ABCCC, 2021). A ABCCC conta com mais de 613 mil animais com registro definitivo, 3.855 mil criadores em todos os estados brasileiros e 71 núcleos ativos pelo país. Anualmente são realizados cerca de 500 eventos com animais da raça Crioula, com destaque para o Freio de Ouro, que é a principal prova morfológica e funcional, utilizada na seleção do cavalo Crioulo desde 1982. Além das grandes transações direcionadas ao Freio de Ouro, a raça tem uma elevada movimentação financeira durante as exposições, em torno de R\$ 320 milhões por ano, além de um importante papel social, como gerador de mais de 328 mil empregos diretos e indiretos (ABCCC, 2021).

De acordo com Pimentel et al. (2016), nas provas do Freio de Ouro, tanto o resultado funcional, como o morfológico, são influenciados pelas características morfológicas dos animais, sendo portanto, necessário que os potros tenham um desenvolvimento adequado desde o seu nascimento. Além disso, a definição do crescimento dos potros de acordo com o padrão de cada raça é importante devido à relação existente entre o crescimento e a ocorrência das doenças ortopédicas

(THOMPSON, 1995). Dessa forma, medidas corporais obtidas individualmente vêm sendo amplamente utilizadas na mensuração do crescimento dos animais (SOUZA et al. 2017). Em equinos da raça Crioula, três medidas corporais são utilizadas como padrão para fins de registro de machos e fêmeas, sendo elas a altura, o perímetro de tórax e o perímetro de canela.

No primeiro ano de vida, as medidas corporais, estruturas ósseas e fisiológicas dos equinos apresentam um crescimento mais acelerado, assim como o ganho de peso que vai reduzindo à medida que os animais se aproximam da idade adulta (NRC, 2007; RED e DUNN, 1997). Com o passar do tempo, o comportamento do crescimento tem formato sigmoidal, podendo ser caracterizado por modelos que consideram a relação não linear entre as medidas de desempenho do animal e a idade (FREITAS, 2005; CARNEIRO et al. 2014; SOUZA, 2017).

A utilização de modelos matemáticos em pesquisas com animais tem sido cada vez mais comum, auxiliando na compreensão da relação existente entre o peso vivo, bem como outras características morfofuncionais, com a idade. Além disso, o conhecimento da curva de crescimento de cada indivíduo permite ajustar práticas de manejo, priorizando cada fase do desenvolvimento, conforme suas necessidades nutricionais. Em diversas espécies de animais, os modelos não lineares são utilizados na descrição das curvas de crescimento, facilitando a interpretação e compreensão do desenvolvimento animal, já que permitem que um conjunto de informações, como peso por idade, seja resumido em um pequeno número de parâmetros (OLIVEIRA et al. 2000).

Entre os modelos considerados na avaliação de curvas de crescimento em animais, os de Gompertz, Logístico, Bertalanffy, Brody e Richards são os mais comumente utilizados. Entretanto, poucos trabalhos com esses modelos foram realizados em equinos, principalmente com animais da raça Crioula. Além disso, os modelos indicados como melhores no ajuste da curva de crescimento em determinada espécie e/ou raça podem não ser adequados para outras.

Considerando o reduzido número de estudos de curvas de crescimento e a importância das medidas morfométricas na padronização de animais da raça Crioula, o presente trabalho se torna relevante, com a possibilidade de uso dos resultados obtidos em decisões de seleção e manejo diário realizado nos criatórios, visando aumentar a produtividade, minimizar os erros de manejo na fase inicial da vida dos potros, nos setores nutricional e sanitário, contribuindo positivamente com o bem-estar

e permitindo que os animais apresentem um desempenho satisfatório ao longo da vida.

2. Revisão de Literatura

2.1 Raça Crioula

Após quatro séculos sendo mantidos em ambiente sul-americano, os cavalos trazidos pelos Ibéricos adquiriram características próprias, após enfrentarem temperaturas extremas e condições adversas de alimentação, dando origem ao cavalo Crioulo, com características marcantes como rusticidade e resistência (ABCCC, 2021).

O zootecnista, médico veterinário, hipólogo, professor e criador Emilio Solanet, contribuiu de forma significativa para a padronização da raça Crioula através de estudos e observações, dando início ao processo seletivo que embasou o padrão racial do cavalo Crioulo atual (SOLANET, 1946, SOLANET, 2006). Posteriormente, realizando estudos que visavam avaliar a altura, perímetro de tórax e de canela, utilizando reprodutores expostos em Palermo de 1926 a 1949, Roberto Dowdall propôs as medidas (Tabela 1) e os limites de variabilidade (Tabela 2) considerados como base no estabelecimento do padrão morfológico da raça (DOWDALL, 1982).

Tabela 1. Medidas do cavalo Crioulo

Medidas (m)	Machos	Fêmeas
Altura	1,44	1,42
Perímetro de tórax	1,78	1,80
Perímetro de canela	0,19	0,19

Tabela 2. Medidas de animais premiados em Palermo no período de 1971 a 1975.

Medidas (m)	Machos		Fêmeas	
	Médias (m)	Limites (m)	Médias (m)	Limites (m)
Altura	1,44	1,40 a 1,48	1,43	1,38 a 1,47
Perímetro de tórax	1,81	1,17 a 1,83	1,83	1,69 a 1,97
Perímetro de canela	0,19	0,18 a 0,20	0,18	0,17 a 0,19

O marco inicial do desenvolvimento da raça Crioula na América do Sul se deu na década de 30, quando foram estabelecidas as medidas de padrão racial pelas associações Argentina, Brasileira, Chilena, Uruguaia e Paraguaia (KURTZ, 2007). Para os machos foram definidas as medidas de altura média de 1,44m (com variação de 1,38m a 1,50m), não sendo recomendado ultrapassar 1,48m e, para os perímetros de tórax e de canela foram sugeridos os valores médios ideais de 1,78m e 0,19m, respectivamente. Para as fêmeas ficaram determinados os valores médios de 1,42m, 1,80m e 0,19m para a altura, perímetro de tórax e perímetro de canela, respectivamente (DOWDALL, 1982).

Os dados biométricos dos primeiros e segundos prêmios de Palermo foram avaliados no período de 1971 a 1975. Os dados foram medidos em 106 machos e 60 fêmeas, que mantiveram as médias aritméticas dentro dos valores preconizados como ideais em ambas as categorias (machos e fêmeas). Esses resultados eram esperados por se tratar de animais premiados.

No Brasil, na década de 50 uma comissão de inspeção realizou uma seleção de animais que formaram a base do padrão da raça Crioula, classificando como cavalo mediano, musculoso, de tórax amplo, linha de lombo firme, força na garupa, cabeça pequena com cola e crinas fartas (AFFONSO e CORREA, 1992; DALTO, 2006). As medidas corporais de altura, perímetro de tórax e de canela ficaram definidas pela ABCCC como padrão da raça, sendo indispensáveis para fins de registro (Tabela 3) (ABCCC, 2021). Em associações de criadores localizadas na América do Sul essas medidas são utilizadas com pequenas variações, devido ao uso dos animais em funções de atividade laboral ou esportiva particular de cada país (KURTZ, 2007).

Tabela 3. Medidas morfométricas de padrão da raça Crioula (ABCCC).

Categorias	Altura		Perímetro de tórax (m)	Perímetro de canela (m)
	Mínimo	Máximo	Mínimo*	Mínimo*
Machos	1,40	1,50	1,68	0,18
Fêmeas	1,38	1,48	1,70	0,17
Castrados	1,38	1,50	1,70	0,17

*não existe máximo estabelecido.

Após 90 anos de criação e seleção, o cavalo Crioulo teve uma crescente expansão no Brasil, estando presente em praticamente todos os estados. No Rio Grande do Sul, o animal está intimamente ligado com a história de conquista e colonização, sendo considerado como animal símbolo do estado, recebendo juntamente com a ave quero-quero, o reconhecimento de patrimônio cultural (ABCCC, 2021).

De acordo com dados divulgados pela ABCCC em 2021, a raça Crioula está em um momento de ascensão, com crescimento significativo em vários estados brasileiros. O número de registros provisórios aumentou em 48,15%, o que corresponde a 480 estabelecimentos registrando os nascimentos de seus próprios exemplares. Ainda mais expressivo foi o registro de novos afixos, chegando a 532. Cabe ressaltar que o cavalo Crioulo se destaca não apenas pela sua rusticidade e resistência, mas também pela aptidão para inúmeras provas equestres, além da docilidade e temperamento inigualáveis, sendo um cavalo de esporte, lazer e trabalho.

2.2 Modelos matemáticos

A utilização de metodologias que auxiliem o entendimento do crescimento e desenvolvimento animal tem sido de grande importância no estudo de características zootécnicas. De modo geral, esse conhecimento envolve conceitos matemáticos e estatísticos. Diante deste cenário, se torna fundamental conhecer, além do desenvolvimento animal e sua fisiologia, a relação existente entre duas variáveis quantitativas, buscando descrever o comportamento de uma variável chamada dependente, em função da outra, conhecida como variável independente (DRAPER e SMITH, 1998; HOFFMANN e VIEIRA, 1998; SOUZA, 2017). Os modelos de regressão podem ser utilizados para descrever essa relação, sendo divididos em lineares e não lineares.

No que se refere à curva de crescimento, os modelos não lineares desenvolvidos para relacionar o peso e a idade têm se mostrado mais adequados (MALHADO et al. 2009), sendo os mais indicados e aplicáveis nesse tipo de evento (SOUZA, 2022). Esses modelos facilitam a interpretação e compreensão do desenvolvimento animal, já que permitem que os conjuntos de informações em séries de peso por idade sejam condensados em um reduzido número de parâmetros (OLIVEIRA et al. 2000).

A preferência pelo modelo que melhor explica a curva de crescimento é fundamentada principalmente na interpretação biológica dos parâmetros, na qualidade do modelo de ajustamento dos dados e nas dificuldades computacionais para chegar ao ajuste final. Em bovinos, as pesquisas sobre curva de crescimento são mais populares. Espigolan et al. (2013) determinaram o modelo de Von Bertalanffy como o melhor para descrever a evolução de medidas de peso e área de olho de lombo em relação a idade de animais da raça Hereford. Por outro lado, os autores reportaram que para a altura na desmama aos dois anos de idade, todos modelos não lineares estudados (Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy) se mostraram eficazes. Ao avaliarem o crescimento de animais da raça Nelore, utilizando pesos do nascimento aos dois anos de idade e modelos não lineares de Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz, Malhado et al. (2009) obtiveram ajustes mais adequados com o uso dos modelos Logístico e Gompertz.

Estudos utilizando modelos não lineares para descrever o crescimento de equinos criados no Brasil são escassos. O crescimento dos cavalos pode ocorrer até cinco anos de idade, com o desenvolvimento refletindo nas medidas corporais, estrutura óssea e fisiológica até a idade adulta (NRC, 2007). A dificuldade de execução de pesquisas com a espécie ocorre devido a principal fonte de renda dos criatórios ser a venda de potros, fase em que os animais apresentam de um a dois anos de idade e, portanto, não concluíram o desenvolvimento, dificultando a coleta de dados e, conseqüentemente, a realização de estudos para avaliar o crescimento. Já na raça crioula não há relatos de solicitarem animais para pesquisas, justificam o fato de serem escassas as pesquisas, além da comercialização de animais jovens dificultar a coleta de dados.

Ao avaliarem a curva de crescimento de 192 cavalos machos e fêmeas da raça Pantaneiro com o uso de modelos não lineares de Brody, Richards, Gompertz, Logístico e Weibull, Santos et al. (2007) concluíram que para a altura de cernelha e ganho de peso, os modelos mais adequados foram os de Richards e Weibull, respectivamente. Para a raça Puro Sangue Lusitano, Fradinho et al. (2015) reportaram que o modelo de Richards foi o mais adequado para descrever as mudanças de peso, altura de cernelha, perímetro torácico e perímetro de canela.

De modo geral, a curva de crescimento deve ser estudada de acordo com cada espécie e raça, tendo em vista que o modelo indicado como melhor para uma característica em determinada raça, pode não ser o mesmo em outra. O entendimento

do desenvolvimento dos equinos, através da utilização de modelos matemáticos que melhor descrevem o fenômeno, pode auxiliar os criatórios a obter uma seletividade maior e mais precoce no plantel, já que a venda de animais jovens acontece ainda na fase de crescimento, podendo assim evitar o descarte de bons animais, que poderiam demonstrar seu potencial após esse período.

2.3 Medidas utilizadas para avaliar o crescimento animal

Algumas técnicas podem ser utilizadas para mensurar o crescimento de animais, tanto em processos práticos, como em pesquisas experimentais. Entre essas técnicas temos os métodos de pesagem e a mensuração de medidas corporais (LAWRENCE e FOWLER, 2002; MARTIN-ROSSET, 2005; SOUZA, 2017).

2.3.1 Peso vivo

O peso vivo é uma medida essencial em diversas espécies de animais, pois auxilia no direcionamento de tomadas de decisões relacionadas ao manejo alimentar e sanitário. Em equinos, o conhecimento do peso de cada indivíduo ajuda a aprimorar o manejo utilizado, auxiliando na escolha de programas nutricionais, na quantidade do alimento ofertado, no programa de treino para competições equestres, além de identificar precocemente possíveis problemas de saúde, melhorar a qualidade reprodutiva, entre outros (LEWIS, 2000).

Em alguns estudos em que foi avaliada a taxa de crescimento de equinos de diferentes raças, é reportado que o crescimento dos animais é maior no primeiro ano de vida, atingindo 65% do seu peso adulto nesse período (NRC, 2007). No entanto, Hintz (2002) relatou que particularidades relacionadas ao animal, como raça, idade, sexo, escore corporal e estado gestacional podem afetar o peso vivo, além de fatores não relacionados a ele, como condições ambientais e de bem-estar que se encontra no momento da pesagem, bem como a disponibilidade de alimentos de qualidade e treinamento aplicado.

A pesagem com o uso da balança, tanto mecânica quanto digital, é a mais exata para se chegar ao peso vivo confiável, mas devido ao seu elevado custo de implantação nos criatórios, a sua utilização ainda é restrita nesses centros. Dessa forma, o peso é comumente estimado por avaliação visual. Existem alternativas que possibilitam estimar o peso de equinos de maneira mais eficiente e com baixo custo,

como a utilização de fitas de pesagens, fórmulas matemáticas e tabelas, que são práticas e adequadas no que se propõem.

2.3.2 Medidas morfométricas

O estudo da morfologia em algumas espécies é de menor relevância quando comparada com características relacionadas a produtividade (NETO, 2005). Por outro lado, a avaliação morfométrica é muito utilizada na equinocultura, principalmente na escolha de animais para competições esportivas (GODOI, 2013), além de ser determinante para reprodução através da seleção de futuros reprodutores e matrizes.

O conceito de conformação ideal pode apresentar algumas diferenças de uma raça para outra. De modo geral, a beleza morfológica consiste em reunir todas as partes do corpo de forma harmônica, simétrica e proporcional ao tamanho (ENSMINGER, 1978; TORRES e JARDIM, 1987; SOUZA, 1998; McMANUS et al. 2008; PIMENTEL, 2016), considerando sempre o padrão ideal de cada raça. Assim, a avaliação morfológica se baseia na relação entre diversas regiões do corpo e do conjunto formado por elas, onde é considerado o animal bem proporcionado, aquele em que as partes do corpo, quando observadas em conjunto, forem adaptadas à função a que ele se propõe.

As medidas corporais são frequentemente utilizadas para aferir sobre o crescimento (LAWRENCE e FOWLER, 2002; CABRAL et al. 2004; SANTOS et al. 2007; REZENDE et al. 2016; SOUZA, 2017). Em equinos, as medidas de altura de cernelha, perímetro de tórax e perímetro de canela aparecem nas pesquisas de conformação com alta relevância (PINTO et al. 2005; PIMENTEL et al. 2017). Essas medidas indicam como está ocorrendo a mudança do formato do corpo com o passar do tempo, além de auxiliarem como preditoras de peso (LAWRENCE e FOWLER, 2002). As medidas , na sua grande maioria, mostram o comprimento e raios ósseos dos animais, estando ligadas à capacidade cardiorrespiratória e de carga nos exercícios de treinamento dos cavalos, além de mensurar a qualidade óssea do esqueleto (BERBARI NETO, 2005).

Entre todas as medidas lineares, a mais segura é a altura de cernelha, por mostrar menor variação decorrente do material de avaliação medido pelo avaliador (CABRAL et al. 2004). Acredita-se que os potros já nasçam com 60% da altura, chegando aos 90% da altura final aproximadamente a um ano de idade (NRC, 2007). A medida da altura de cernelha é aferida do ponto mais alto da região interescapular,

localizado no espaço definido pelo processo espinhoso de T5 e T6, até o solo (TORRES e JARDIM, 1987). Na raça Crioula a altura de cernelha ideal é de 1,38 a 1,48m para fêmeas e de 1,40 a 1,50m para machos (ABCCC, 2021).

O tórax do cavalo Crioulo deve ser amplo, largo, profundo e com encontros bem separados e musculosos, além de costelas arqueadas e profundas (ABCCC, 2021). Animais que apresentam pouco perímetro de tórax possuem um menor vigor físico e capacidade cardiorrespiratória comprometida (TORRES e JARDIM 1987; ZAMBORLINE et al. 1996; McMANUS et al. 2008; PIMENTEL, 2016). Cabe destacar que, fatores genéticos, nutricionais e de condicionamento estão associados a um maior perímetro de tórax (LAGE et al. 2009).

O perímetro da canela é uma variável bastante estudada provavelmente em função da preocupação com a qualidade óssea dos animais. Além disso, está relacionada com a funcionalidade da região anatômica determinando, juntamente com o perímetro torácico, a capacidade de carga do animal (BERBARI NETO, 2005). Em animais Puro Sangue Inglês ou Andaluz, essa medida é de grande importância, pois esses animais tendem a demonstrar defeitos de aprumos e/ou problemas articulares em razão da menor espessura de suas extremidades (VALERA, 2007). O perímetro de canela ideal deve ser largo para que haja boa implantação dos tendões, garantindo bom desenvolvimento muscular do aparato locomotor (VALE, 1984; BARBOSA, 1993).

3. Material e Métodos

No presente estudo foram utilizadas informações de peso, altura, perímetro de tórax e de canela, medidas do nascimento aos 24 meses de idade em 75 potros da raça Crioula. Os animais são provenientes de duas propriedades localizadas na região sul do Brasil, na cidade de Jaguarão, Rio Grande do Sul (Lat. 32°, 33', 58', Long. 53°, 22', 33') e foram mantidos em sistemas de pastagem natural, compostas principalmente por *Paspalum notatum*, *Andropogon lateralis*, *Coelorachis selloana* e *Paspalum dilatatum* (PILLAR et al. 2009).

Após o nascimento, os potros foram identificados de acordo com as mães e, após o desmame a identificação foi realizada através dos dados da resenha. O peso corporal foi mensurado através de uma balança convencional de 1.500kg, modelo caixa, com os potros sendo conduzidos para dentro da mesma e pesados individualmente. A medida de altura foi obtida através da utilização de um hipômetro

(modelo alemão), estando os potros posicionados com os quatro membros apoiados no solo, em piso horizontal e uniforme. O hipômetro foi elevado no ponto mais alto da cernelha (processo espinhoso da quinta vértebra torácica), onde foi realizada a leitura na escala posicionada na haste do equipamento. O perímetro de tórax foi mensurado com o uso de uma fita métrica, passando ao final da cernelha, na altura aproximada da nona costela, e ventralmente por trás do apêndice xifoide, sendo a leitura feita no final de uma expiração. O perímetro de canela foi obtido com o animal posicionado de forma que os membros anteriores ficassem posicionados em um plano horizontal, plantados ao chão. Com a fita métrica, a canela foi envolvida no nível do terço medial do terceiro metacarpiano do membro anterior esquerdo.

Os modelos não lineares utilizados (Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy) são representados pelas seguintes expressões:

$$\begin{aligned} \text{Brody} &= Wt = A(1 - B e^{-kt}) \\ \text{Gompertz} &= Wt = A \exp(-B e^{-kt}) \\ \text{Logístico} &= Wt = A/(1 + B e^{-kt}) \\ \text{Von Bertalanffy} &= Wt = A(1 - B e^{-kt})^3 \end{aligned}$$

Nessas funções, Wt é a variável em estudo (peso, altura, perímetro de tórax e de canela) na idade t (dias). O parâmetro A é o valor assintótico da característica, representa o valor máximo que a característica pode atingir na idade adulta. O parâmetro B é a constante integração, relacionado aos valores da fase inicial da característica, porém não há interpretação biológica para esse parâmetro; o parâmetro k é a taxa de maturidade, entendido como a mudança da característica em relação a sua maturidade, ou seja, é o indicador da velocidade com que o animal se aproxima da idade adulta.

As análises utilizando os diferentes modelos não lineares estudados foram realizadas com auxílio do programa SAS (2008). Para cada característica, o modelo de melhor ajuste foi determinado de acordo com os seguintes critérios: 1) Coeficiente de determinação (R^2), calculado como o quadrado da correlação entre as medidas observadas e estimadas, que é equivalente a $1 - \frac{SSE}{SST}$, em que SSE é a soma de quadrados do erro e SST é a soma de quadrados totais; 2) Quadrado médio do erro (QME), calculado dividindo a soma do quadrado dos resíduos pelo número de

observações, que é o estimador de máxima verossimilhança da variância residual; 3) Critério de informação de Akaike (*AIC*) (AKAIKE, 1974), $AIC = n \ln(SSE/n) + 2p$, em que *n* é o número de observações, *ln* é o logaritmo de base natural e *p* é o número de parâmetros do modelo; 4) Critério bayesiano de Schwarz (*BIC*) (SCHWARZ, 1978), $BIC = n \ln(SSE/n) + p \ln(n)$. Maiores valores de *R*² e menores de *QME*, *AIC* e *BIC* indicam os melhores ajustes.

4. Resultados e Discussão

As medidas morfométricas estudadas em potros da raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade apresentaram valores variando de 63kg a 325kg (peso), 0,92m a 1,32m (altura), 0,88m a 1,58m (perímetro de tórax) e 0,12m a 0,18m (perímetro de canela) (Tabela 4). Avaliando potros da raça Crioula do nascimento aos 36 meses de idade, Rodrigues (1999) reportou valores semelhantes aos obtidos no presente estudo, com o peso variando de 57kg a 386,8kg, altura variando de 0,91m a 1,39m, perímetro de tórax variando de 0,86m a 1,67m e perímetro de canela de fêmeas variando de 0,13m a 0,185m e de machos variando de 0,145m a 0,195m.

Tabela 4. Médias e respectivos desvios padrão de medidas morfométricas de potros da raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade.

Idades	Peso (kg)	Altura (m)	Perímetro de tórax (m)	Perímetro de canela (m)
1º mês	63,18 ± 12,85	0,92 ± 0,031	0,88 ± 0,057	0,12 ± 0,006
6 meses	188,88 ± 22,81	1,15 ± 0,038	1,32 ± 0,062	0,16 ± 0,007
12 meses	246,20 ± 31,11	1,25 ± 0,037	1,41 ± 0,062	0,16 ± 0,007
18 meses	303,63 ± 29,17	1,29 ± 0,041	1,54 ± 0,055	0,17 ± 0,008
24 meses	325,36 ± 39,70	1,32 ± 0,046	1,58 ± 0,067	0,18 ± 0,007

De modo geral, as medidas morfométricas de altura e perímetro de tórax obtidas nos animais avaliados no presente estudo não atingiram o valor mínimo exigido pela ABCCC. Animais a partir de 24 meses de idade que não atingirem o padrão racial exigido, não recebem o registro definitivo da raça, fato esse que causa um grande impacto em seu valor comercial, tornando a obtenção dessas medidas extremamente importantes para os criatórios.

Todos os modelos não lineares testados (Brody, Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy) visando descrever o desenvolvimento de potros da raça Crioula, do nascimento aos 24 meses de idade, para as características de peso, altura, perímetro de tórax e de canela, atingiram a convergência. Os parâmetros estimados para cada característica e modelo, bem como os critérios utilizados para avaliar o modelo que melhor descreve a curva média de crescimento dos animais, são apresentados na Tabela 5.

Para a característica de peso, o valor estimado para o parâmetro A variou de 315,40kg (modelo Logístico) a 346,70kg (modelo Brody), indicando que o peso dos potros aos 24 meses de idade está dentro da normalidade esperada, uma vez que os animais estão em processo de crescimento e desenvolvimento ósseo para chegar à idade adulta. De acordo com Dowdall (1982), o cavalo Crioulo adulto (acima de 40 meses de idade) possui em média 435kg. Em um estudo com equinos da raça Mangalarga Marchador e utilizando os modelos Brody, Logístico, Von Bertalanffy e Gompertz, Souza et al. (2017) reportaram que os animais atingiram a estabilidade com pesos variando de 416kg (modelo Logístico) a 439kg (modelo Brody). Esses autores utilizaram medidas de peso do nascimento aos 60 meses de idade e, portanto, até a idade adulta, o que pode justificar as diferenças nos resultados em comparação ao obtido no presente trabalho.

De acordo com os valores obtidos para os critérios de ajuste adotados (R^2 , QME, AIC e BIC), o modelo Brody foi ligeiramente superior em descrever a evolução do peso em função da idade (Tabela 5). O coeficiente de determinação (R^2) apresentou altos valores e pouca variação entre os modelos estudados, indicando um bom ajuste. O AIC penaliza os modelos que apresentam superioridade nos dados devido a maior parametrização, enquanto que o BIC penaliza de acordo com o menor número de observações, proporcionando um maior benefício aos modelos menos parametrizados em comparação ao AIC (BLASCO, 2017). Como menores valores de AIC e BIC refletem melhores ajustes, no presente estudo o modelo de Brody apresentou leve superioridade em relação aos demais, além da obtenção de menores valores para o QME, indicando um melhor ajuste.

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros (A, b e k) e erro padrão (EP), coeficiente de determinação (R^2), quadrado médio do erro (QME), critério de informação Akaike (AIC) e critério bayesiano de Schwartz (BIC) de acordo com os modelos não lineares estudados.

Características	Modelos	A±EP	b±EP	k±EP	R ²	QME	AIC	BIC
Peso	Brody	346,70±333,40	0,8332±0,8146	0,00316±0,00281	0,9866	703,2	4,074,04	4,087,34
	Gompertz	324,70±315,70	1,4748±1,4079	0,00508±0,00465	0,9858	740,5	4,109,17	4,122,96
	Logístico	315,40±308,10	2,7289±2,5296	0,00692±0,00640	0,9851	784,3	4,144,80	4,158,10
	Von Bertalanffy	329,70±319,90	0,4043±0,3893	0,00445±0,00405	0,9861	726,1	4,096,94	4,110,19
Altura	Brody	1,3269±1,3168	0,2997±0,2921	0,00476±0,00438	0,8731	0,0015	-4,796,94	-7,783,11
	Gompertz	1,3224±1,3129	0,3463±0,3360	0,00530±0,00489	0,9988	0,0015	-4,449,75	-4,435,92
	Logístico	1,3187±1,3098	0,4016±0,3877	0,00583±0,00541	0,9988	0,0016	-4,773,63	-4,759,80
	Von Bertalanffy	1,3194±1,3093	0,1087±0,1052	0,00516±0,00472	0,9989	0,0015	-4,789,22	-4,775,38
Perímetro de tórax	Brody	1,5574±1,5434	0,4400±0,4287	0,00554±0,00514	0,9997	0,0043	-4,037,07	-4,023,23
	Gompertz	1,5469±1,5340	0,5513±0,5328	0,00649±0,00604	0,9997	0,0045	-4,008,07	-3,994,23
	Logístico	1,5389±1,5268	0,6963±0,6668	0,00744±0,00695	0,9997	0,0047	-3,979,55	-3,965,71
	Von Bertalanffy	1,5501±1,5368	0,1703±0,1651	0,00617±0,00574	0,9997	0,0045	-4,017,74	-4,003,90
Perímetro de canela	Brody	0,1807±0,1790	0,3226±0,3118	0,00540±0,00487	0,9979	0,00005	-7,281,81	-7,267,97
	Gompertz	0,1800±0,1785	0,3777±0,3625	0,00605±0,00550	0,9978	0,00005	-7,283,68	-7,268,84
	Logístico	0,1795±0,1780	0,4441±0,4231	0,00671±0,00612	0,9978	0,00005	-7,263,09	-7,249,26
	Von Bertalanffy	0,1802±0,1787	0,1194±0,1149	0,00583±0,00529	0,9979	0,00005	-7,275,45	-7,261,61

Semelhante ao obtido no presente estudo, ao analisarem machos e fêmeas da raça Mangalarga Marchador, Souza et al., (2017) reportaram valores de R^2 acima de 0,91 para machos (modelo Von Bertalanffy) e 0,92 para fêmeas (modelo Brody), Ao avaliarem o crescimento de quatro diferentes grupos de equinos dos seis meses até a idade adulta, McManus et al., (2010) obtiveram os melhores ajustes com os modelos Brody e Weibull para o grupo de equinos mestiços criados pelo Exército Brasileiro, com valores de R^2 de 0,55 para fêmeas e 0,92 para machos, Por outro lado, ao comparar os modelos não lineares de Brody, Logístico, Von Bertalanffy, Gompertz e Richards, Fradinho et al., (2015) indicaram o modelo de Richards como o mais adequado para descrever a curva de crescimento de equinos da raça Lusitana do nascimento aos 42 meses de idade,

As estimativas do parâmetro k obtidas para o peso com os modelos não lineares utilizados no presente estudo (Tabela 5) foram superiores ao valor reportado por Fradinho et al., (2015) que, ao estudarem equinos da raça Lusitana do nascimento aos 42 meses de idade, obtiveram valor de 0,0010 para esse parâmetro, De modo geral, essa diferença pode ser justificada pelo fato de as raças brasileiras de equinos apresentarem um menor porte em relação à raça Lusitana, que possui crescimento mais tardio, além do porte maior,

Os valores médios observados e preditos com o modelo Brody para peso do nascimento aos 24 meses de idade mostraram uma curva de valores preditos semelhante e bem próxima aos dados observados (Figura 1), De modo geral, os potros apresentaram maior crescimento até o sexto mês de idade e, posteriormente, o crescimento se apresentou mais uniforme, o que está dentro do esperado para equinos, Avaliando o peso de potros da raça Puro Sangue Inglês, Garcia et al., (2011) observaram um período de crescimento mais rápido nos primeiros 30 dias de idade, com diminuição gradativa conforme o avanço da idade, representando 10% do peso corporal esperado na idade adulta ao nascer e 79% aos 18 meses de idade, Para a raça Pantaneira, Santos et al., (2007) descreveram maior crescimento nos primeiros meses de vida, Avaliando potros Crioulos do nascimento aos 24 meses de idade, Moraes et al., (2016) reportaram maior aumento de peso até os seis meses de idade, havendo uma pausa entre o quinto e sexto mês devido ao estresse do desmame e alteração da dieta, mas com homogeneidade até os 24 meses de idade, semelhante ao observado nesse trabalho,

Diferente do obtido no presente estudo, Espigolan et al., (2013) reportaram piores ajustes para a evolução do peso de bovinos da raça Hereford dos 6 aos 24 meses de idade com o modelo de Brody, apresentando maiores discrepâncias entre os valores médios observados e preditos em comparação aos demais modelos testados, Os autores indicaram o modelo não linear de Von Bertalanffy como o de melhor ajuste, Por outro lado, Malhado

et al., (2009) obtiveram melhores ajustes com os modelos Logístico e Gompertz para peso de bovinos da raça Nelore do nascimento aos 24 meses de idade, com superioridade do primeiro modelo, Ao avaliarem 952 ovinos da raça Santa Inês, do nascimento aos 196 dias de idade e utilizando os modelos não lineares de Brody, Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy e Richards, Sarmento et al., (2008) indicaram que o modelo de Gompertz foi o que apresentou o melhor ajuste,

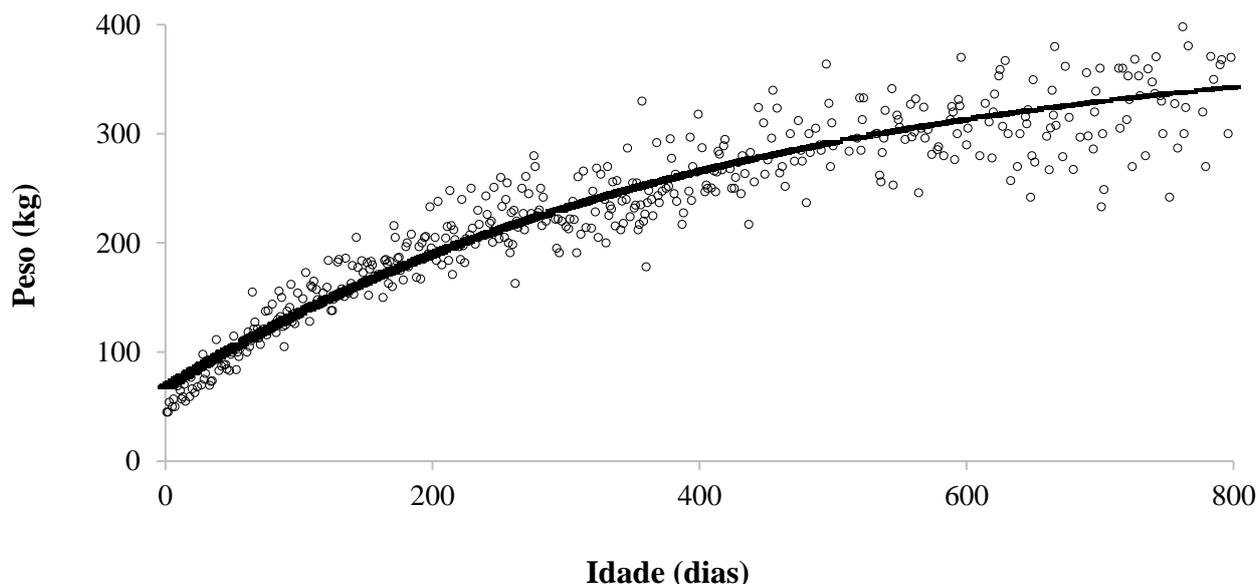


Figura 1, Pesos médios observados (•) e preditos (-) com o modelo não linear de Brody para equinos da raça Crioula,

Na raça Crioula, a altura é um dos critérios estabelecidos para o recebimento do registro definitivo, Dessa forma, o animal deve apresentar, a partir dos 24 meses de idade, a medida de acordo com o padrão racial vigente, ou seja, 1,40m a 1,50m para machos e 1,38m a 1,48m para fêmeas, No presente estudo, os modelos não lineares avaliados estimaram valores semelhantes para o parâmetro A da altura, que está relacionado com a medida esperada na maturidade, que pode ser justificado em razão da altura apresentar maturação precoce, sendo associada ao desenvolvimento ósseo (ESPIGOLAN et al., 2013), Cabe destacar que, os valores obtidos para esse parâmetro apresentaram variações de 1,3187m (modelo Logístico) a 1,3269m (modelo Brody), não atingindo o valor mínimo exigido pela raça, tanto para machos como para fêmeas, provavelmente por serem animais jovens e estarem em sistema extensivo,

Na população estudada, o modelo não linear Brody foi considerado o mais indicado para o ajuste da altura dos potros (Tabela 5), Apesar desse modelo ter apresentado o menor valor de R^2 (0,87) em relação aos demais modelos testados, os critérios AIC e BIC apresentaram menores valores, indicando um melhor ajuste, Resultados similares foram reportados por Hossein-Zadeh, et al, (2018), que ao estudarem a evolução da altura do nascimento até os 7 meses de idade de equinos da raça Cáspio, indicaram o modelo de Brody com o de melhor ajuste, Por outro lado, ao avaliarem a altura de animais da raça Puro Sangue Inglês, Fradinho et al, (2015) indicaram o modelo de Richards como o melhor, Resultado semelhante foi reportado por Santos et al, (2007) com o modelo de Richards como o mais adequado para descrever a evolução da altura do nascimento até a idade adulta de animais da raça Pantaneira. Recentemente, Fernandes et al., (2020) indicaram o modelo Logístico como mais adequado para descrever a altura dos 7 aos 176 meses de idade de equinos da raça Mangalarga Marchador e, Teixeira et al, (2021) escolheram o modelo de Gompertz como o mais adequado para descrição da altura de animais da raça Campolina dos 7 aos 203 meses de idade,

De modo geral, foi observado um crescimento acelerado da altura dos potros até os 12 meses de idade, seguido de uma desaceleração e homogeneidade até os 24 meses de idade (Figura 2), Os equinos apresentam um crescimento acelerado no primeiro ano de vida (NRC, 2007), com a altura ao nascimento podendo equivaler a 60% da altura de um equino adulto, e atingindo 90% desse valor quando o animal completar 12 meses de idade, Ao avaliar dados biométricos de potros Crioulos Chilenos do nascimento aos 3 anos de idade, Porte (2000) observou uma maior velocidade no desenvolvimento da altura até os 6 meses de idade, Garcia et al., (2011) relataram uma evolução na altura, do nascimento aos 18 meses de idade, em animais da raça Puro Sangue Inglês, com a altura ao nascimento representando 63% da altura esperada na idade adulta, chegando a 95% aos 18 meses de idade, Resultados similares foram relatados por Pimentel (2017) ao avaliar potros Crioulos do nascimento aos 36 meses de idade, encontrando animais que atingiram a altura média de 1,34m aos 24 meses de idade, representando 95,71% da altura de um equino acima de 40 meses de idade,

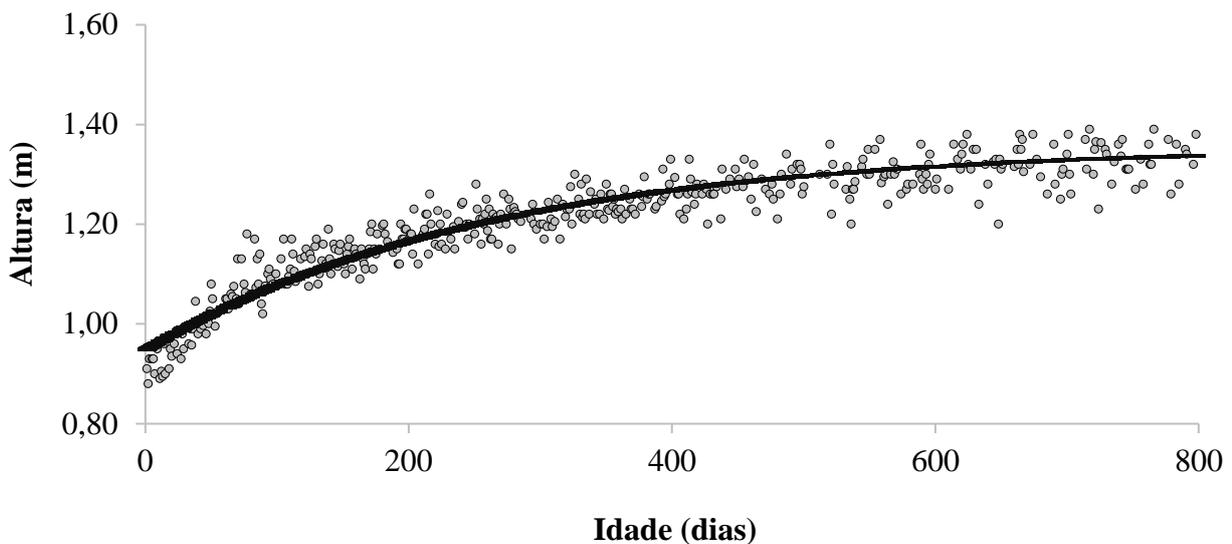


Figura 2, Alturas médias observadas (•) e preditas (-) com o modelo não linear de Brody para equinos da raça Crioula,

Para perímetro de tórax, os modelos não lineares avaliados apresentaram os mesmos valores de R^2 , além de valores semelhantes para o QMR (Tabela 5), Dessa forma, o melhor modelo foi definido com base nos critérios AIC e BIC, que indicaram uma leve superioridade para o modelo de Brody, Avaliando o perímetro de tórax de equinos da raça Mangalarga Marchador dos 6 aos 176 meses de idade, com modelos não lineares de Brody e Logístico, Souza et al., (2017) indicaram o modelo Logístico como o mais adequado,

A estimativa do parâmetro A obtida para o perímetro de tórax com o modelo não linear de Brody (1,5574m) se assemelha ao descrito por Pimentel et al., (2017), que encontraram valores para o perímetro de tórax de potros Crioulos aos 24 meses de idade variando de 1,47m a 1,60m, De acordo com o padrão da raça Crioula, o perímetro de tórax de machos e fêmeas adultos devem ser de, no mínimo, 1,68m e 1,70m, respectivamente (ABCCC, 2022), Assim, os animais avaliados no presente estudo, com 24 meses de idade, não atingiram os valores mínimos exigidos pela raça,

Maiores valores para o perímetro de tórax foram reportados na literatura para outras raças de equinos, Ao avaliarem morfologicamente potros da raça Brasileiro de Hipismo, Godoi et al. (2013) observaram perímetro de tórax médio de 1,70m para animais de 22 a 25 meses de idade, estando dentro do esperado para a raça, que pode atingir 1,82m na idade adulta, De modo semelhante, Souza et al., (2017) obtiveram valores de 172,06cm (machos adultos) e 183,09cm (fêmeas adultas) ao avaliarem o perímetro de tórax de equinos da raça Mangalarga Marchador com idade de 6 a 176 meses,

O perímetro de tórax apresentou crescimento mais homogêneo nos animais até os 12 meses de idade, com crescimento mais lento e maior variabilidade observada a partir dos 18 meses de idade (Figura 3), Essa medida está diretamente relacionada ao tamanho do animal e a sua capacidade cardiorrespiratória (MERCEDES et al. 2015), ou seja, equinos de pequeno e médio porte tem um desenvolvimento mais lento, enquanto que os de grande porte apresentam valores superiores (FRADINHO et al. 2015), Nos animais da raça Crioula, o toráx deve ser amplo, largo, profundo, com encontros bem separados e musculosos, além de costelas arqueadas e profundas, De modo geral, animais com pouco perímetro torácico têm prejuízos na sua capacidade cardiorrespiratória (SOUZA, 1998) e menor vigor físico (TORRES e JARDIM, 1987; ZAMBORLINE et al. 1996; McMANUS et al. 2005),

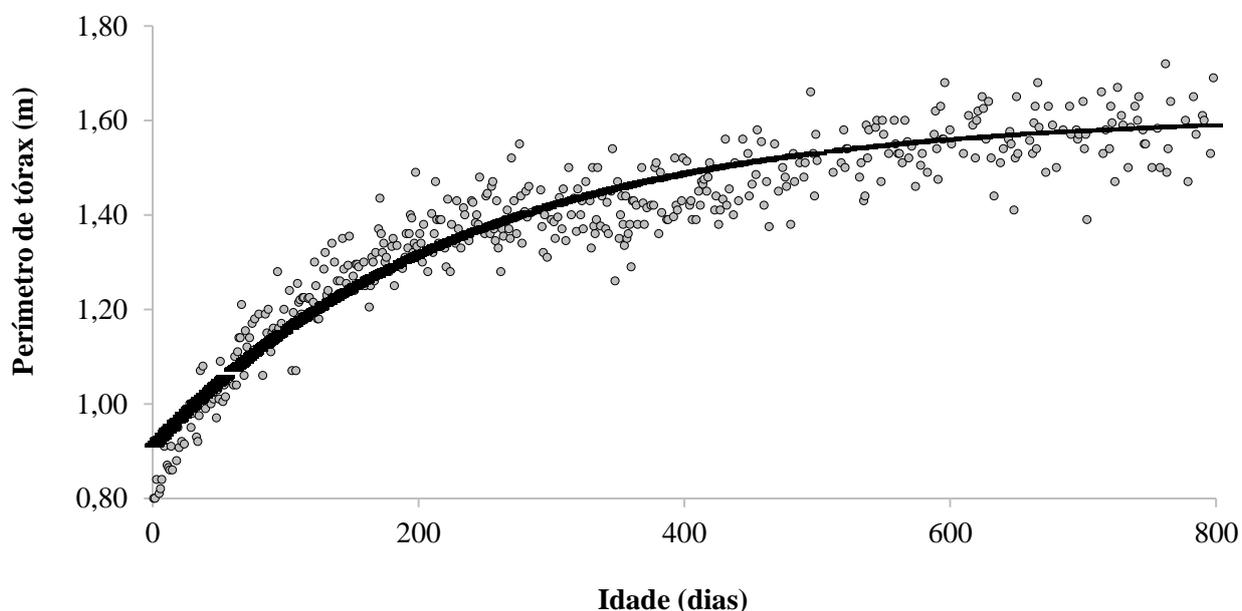


Figura 3, Perímetros de tórax médios observados (•) e preditos (-) com o modelo não linear de Brody para equinos da raça Crioula,

A população estudada apresentou medidas morfométricas de altura e perímetro torácico inferiores ao esperado para um potro da raça Crioula com 24 meses de idade, Os animais foram mantidos em sistema de produção extensivo, composto por alimentação irregular, o que pode ter mascarado o real potencial de desenvolvimento nesse período, Cabe destacar que, do nascimento aos dois anos de idade, um bom manejo nutricional é essencial para o desenvolvimento ósseo e muscular do animal, com restrições alimentares podendo gerar consequências no desenvolvimento corporal dos potros, provocando variações ao longo do tempo, Condições inadequadas de alimentação contribuem

negativamente para as taxas iniciais de crescimento, que devem ser altas, passando a serem irregulares e mais lentas, sendo desfavorável para o desenvolvimento das características morfométricas (GONÇALVEZ et al. 2012),

Para o perímetro de canela, o melhor ajuste foi obtido com o modelo não linear de Gompertz (Tabela 5), com o qual foi estimado o valor de 0,18 para o parâmetro A, estando dentro do esperado para equinos da raça Crioula aos 24 meses de idade, Ao analisar informações obtidas em potros da raça Crioula aos 24 meses idade, Pimentel (2017) relatou o mesmo valor obtido no presente estudo para perímetro de canela (0,18m), Para a raça Mangalarga Marchador, Souza et al. (2018) indicaram os modelos de Brody e Logístico como os mais adequados para descrever o desenvolvimento do perímetro de canela dos 6 aos 176 meses de idade, Por outro lado, Fradinho et al. (2015) reportaram melhores ajustes para o perímetro de canela medido do nascimento aos 42 meses de idade em animais da raça Lusitana, com o uso do modelo não linear de Richards, com valores para o parâmetro A de 21,4cm para machos e 19,3cm para fêmeas,

Foi observado um aumento no perímetro de canela nos primeiros meses de vida dos animais, que pode ser explicado pelo crescimento ósseo acelerado que ocorre nessa fase e, após esse período, há uma uniformidade no desenvolvimento (Figura 4), Nos animais da raça crioula, a canela, região relativa aos ossos metacarpianos e tendões, deve ser curta, com tendões fortes, bem definidos e apurados (ABCCC, 2022), Os apurmos são parte importante a serem avaliados nos julgamentos morfológicos, pois têm ligação direta com a qualidade óssea do esqueleto, Boas medidas de canela são importantes no desempenho funcional do cavalo, já que apresenta relação com a capacidade de carga e, conseqüentemente, na vida atlética do animal (BERBARI NETO et al. 2005),

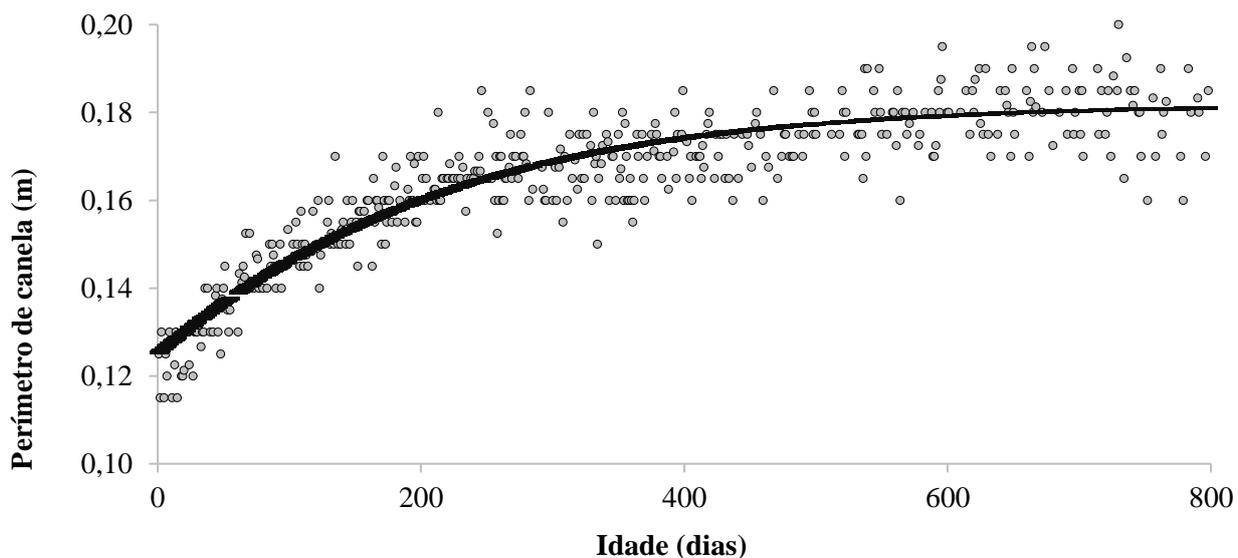


Figura 4, Perímetros de canela médios observados (•) e preditos (-) com o modelo não linear de Brody para equinos da raça Crioula,

De modo geral, todas as características estudadas apresentaram o mesmo comportamento ao decorrer do tempo, com maior estabilidade e homogeneidade dos seis aos 24 meses de idade (Figuras 1, 2, 3, 4), Reed e Dunn (1977) relataram esse tipo de crescimento como uma particularidade da espécie equina, Santos et al. (2007) descreveram maior variabilidade no crescimento dos equinos nos primeiros meses de vida, que se reduz com a idade, Em animais da raça Quarto de Milha, Mota et al. (2010) verificaram uma maior regularidade no crescimento até os 19 meses de idade para a altura e o perímetro de tórax, A alimentação e o manejo são aspectos que influenciam diretamente as medidas morfométricas, O manejo nutricional ofertado aos animais nessa fase é de suma importância para a constância na curva de crescimento e, conseqüentemente, um bom desenvolvimento osséo e muscular (GONÇALVES et al. 2012)

Apesar de existirem estudos que avaliaram medidas morfométricas em equinos com o uso de modelos não lineares (MCMANUS et al. 2010, FRADINHO et al. 2015, SOUZA, et al. 2017), para a raça Crioula esses trabalhos ainda são escassos, principalmente na avaliação de medidas de perímetro de tórax e de canela, em que não há relatos de estudos sobre a modelagem da curva de crescimento, O conhecimento da evolução do crescimento de características de importância em equinos, como as medidas morfométricas, permite uma melhor compreensão do processo de desenvolvimento dos animais, possibilitando o aprimoramento do manejo nutricional, sanitário, genético e de bem-estar, Portanto, os resultados obtidos no presente estudo podem ser utilizados pelos criatórios e profissionais

da raça Crioula como uma ferramenta para acompanhar as diferentes variáveis de crescimento ao longo do desenvolvimento dos potros e, conseqüentemente, realizar uma seleção mais criteriosa, além de servir como base para futuros estudos na raça.

5. Conclusão

No presente estudo, o modelo de Brody apresentou o melhor ajuste para descrever a evolução das características de peso, altura e perímetro de tórax, Já para o perímetro de canela, o modelo de Gompertz foi o mais indicado.

6. Referências Bibliográficas

ABCCC. Associação Brasileira dos Criadores de Cavalos Crioulos. Regulamentos, 2022. <https://www.cavalocrioulo.org.br/studbook/regulamentos>

AFFONSO, A,; CORREA, S, **Cavalo Crioulo uma história de raça**, Ed Saga – DC Luzzatto, 210p, 1992,

Akaike, H. 1974. A new look at the statistical model identification. IEEE Transactions on Automatic Control, 19:716-723. <http://dx.doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>

BARBOSA, C,G, **Estudo morfométrico na raça Mangalarga Marchador - Uma abordagem multivariada**, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Dissertação (Mestrado em Zootecnia), p,77, 1993,

BERBARI NETO, F, **Evolução de medidas lineares e avaliação de índices morfométricos em garanhões da raça Campolina**, 2005, 90f, Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2005,

CABRAL, G, C,, ALMEIDA, F, Q, D,, QUIRINO, C, R,, AZEVEDO, P, C, N, D,, PINTO, L, F, B,, & SANTOS, E, M, Avaliação morfométrica de eqüinos da raça Mangalarga Marchador: índices de conformação e proporções corporais, **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 1798-1805, 2004,

CARNEIRO, A, P, S,, MUNIZ, J, A,, CARNEIRO, P, L, S,, MALHADO, C, H, M,, MARTINS-FILHO, R,, & SILVA, F, F, Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 49, 57-62, 2014,

DALTO, R, **Freio de Ouro, uma história a cavalo**, ABCCC, 176p, 2006,

DRAPER, N, R,; SMITH, H, **Applied regression analysis**, New York: J, Wiley, 3rd ed, 706p, 1998,

DOWDALL, R, C, **Criando Criollos**, Montevideo: Hemisferio Sur, 409p,1982,

ESPIGOLAN, R,, BALDI, F,, BOLIGON, A, A,, BANCHERO, G,, BRITO, G,, MANNA, A, L,, ,,, & ALBUQUERQUE, L, G, D, Aplicação de modelos não-lineares para descrever a evolução de características de crescimento e carcaça em bovinos da raça Hereford, **Ciência Rural**, v,43, p,513-519, 2013,

FRADINHO, M, J,, BESSA, R, J, B,, FERREIRA-DIAS, G,, CALDEIRA, R, M, , Growth and development of the Lusitano horse managed on grazing systems, **Livestock Science**, v,186, p,22-28, 2016

- FREITAS A, R, Curvas de crescimento na produção animal, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v,34, n,3, p,786-795, 2005,
- GARCIA, F, P,, ALFAYA, H,, LINS, L, A,, HAETINGER, C,, NOGUEIRA, C, E, Growth and development rates in thoroughbred foals in Bagé-Brazil, **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v,106, p, 43-46, 2011,
- GODOI, F, N, D,, BERGMANN, J, A, G,, ALMEIDA, F, Q, D,, SANTOS, D, C, C, D,, MIRANDA, A, L, S, D,, VASCONCELOS, F, D, O,, ANDRADE, A, M,, Morfologia de potros da raça Brasileiro de Hipismo, **Ciência Rural**, 43, 736-742, 2013
- GONÇALVES, R, W,, COSTA, M, D,, REZENDE, A, S, C,, ROCHA JÚNIOR, V, R,, LEITE, J, R, A, ,Efeito da endogamia sobre características morfométricas em cavalos da raça Mangalarga Marchador, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v,64, n,2, p,419-426, 2012,
- HINTZ, H,F, How much does that horse weight? **Journal of Equine Veterinary Science**, v,22, n,11, p,362, 2002,
- HOFFMANN, R,; VIEIRA, S, **Análise de regressão: uma introdução a econometria**, 3, ed, São Paulo: Hucitec,379 p, 1998,
- HOSSEIN-ZADEH, N, G,, GHORBANI, A, Modeling the growth curves for body weight and some biometric traits in Caspian horses (*Equus ferus caballus*) using non-linear mixed models, **Mammalian Biology**, 93, 5-12, 2018,
- KURTZ FILHO, M,; LÖF, H, K, Biometric in Brazilian Criollo breed, **Archives of Veterinary Science** v,12, n,1, p,47-51, 2007,
- LAGE, M, C, G, R,; BERGMANN, J, A, G,; PROCÓPIO, A, M,; PEREIRA, J, C, C,; BIONDINE, J, Phenotypic association between linear and joint angle traits of Mangalarga Marchador horses, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v,61, n,4, p,968-979, 2009,
- LAWRENCE, T, L, J; FLOWLER, V, R, **Growth of farms animals**, New York: CABI Publishing 2002,
- LEWIS, L,D, **Nutrição Clínica equina: alimentação e cuidados**, São Paulo: Editora Roca, 2000,
- LIMA, R, A, S,; CINTRA, A, G, **Revisão do Estudo do Complexo do Agronegócio do Cavalo**, 52p, 2016,
- MALHADO, C,, RAMOS, A,, CARNEITO, P,, AZEVEDO, D,, MELLO, P, R,, PEREIRA, D,, & MARTINS FILHO, R, , Modelos não lineares utilizados para descrever o crescimento de

bovinos da raça Nelore no Estado da Bahia: 1, Efeito ambiental, **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 2009,

MCMANUS, C, M., SANTOS, S, A., DA SILVA, J, A., LOUVANDINI, H., DE ABREU, U, G, P., SERENO, J, R, B., & DA SILVA MARIANTE, A, Índices corporais para o cavalo pantaneiro, **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, 45(5), 362-370, 2008,

MCMANUS, C, M., LOUVANDINI, H., & CAMPOS, V, A, L, , Non linear growth curves for weight and height in four genetic groups of horses, **Ciência Animal Brasileira**, v,11, n,1, p80-89, 2010,

MORAES, B,D,S,S.; AMARAL, L,A.; FINGER,I,S., MAZZINI, A,R,A., PAZINATO, F, M.; DA ROSA CURCIO, B.; NOGUEIRA, C,E,W.; Curva de crescimento em potros da Raça Crioula do nascimento aos 24 meses de idade, **Acta Scientiae Veterinariae**, 45, 1-7, 2017,

MOTA, M, D, S; OLIVEIRA H, N E PUOLI FILHOS, N, P, Avaliação do crescimento em potros da raça Quarto de milha, **Revista electrónica de Veterinaria**, v,11, n,1, p,1-10, 2010,

NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC, 2007, **Nutrient Requirements of Horses**, United States of America: Washington DC, 2007,

OLIVEIRA H, N., LÔBO R, B., PEREIRA C, S., Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça GUZERÁ, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v,35, n,9, 2000,

PILLAR, V, de P, **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**, Ministério do Meio Ambiente, 2009,

PORTE, E, Crecimiento e desarrollo del caballo criollo chileno, **Avances en Producción Animal**, v,25, n,1 e 2, p,167-177, 2000.

PIMENTEL, Anelise Maria Hammes, **Associação da Biometria no Desempenho Morfo Funcional no Cavalo Crioulo Participante do Freio de Ouro**, Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, p,114, 2016.

PIMENTEL, A, M, H., RODRIGUES, W, B., MARTINS, C, F., MONTANEZ, N, R., BOLIGON, A, A., & SOUZA, J, R, M, D, Gender on the growth of Criollo foals from birth to three years of age, **Ciência Rural**, v,47, n,1, p,1-7, 2017.

PINTO, L, F, B., ALMEIDA, F, Q, D., QUIRINO, C, R., AZEVEDO, P, C, N, D., CABRAL, G, C., & CORASSA, A, Análise multivariada das medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador: análise de componentes principais, **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34, 589-599, v,34, n,1, 2005.

REZENDE, M, P, G,, SOUZA, J, C, D,, MOTA, M, F,, OLIVEIRA, N, M,, & JARDIM, R, J, D, Conformação corporal de equinos de diferentes grupos genéticos, **Ciência Animal Brasileira**, v,17, n,3, p316-326, 2016.

REED, K,R,; DUNN, N,K, Growth and development of the Arabian horse, In: Equine Nutrition and Physiology Symposium, 5, 1977, São Paulo, **Proceedings**,, São Paulo: Universidade de São Paulo, p,76-98, 1977,

SANTOS, S, A,, SOUZA, G, S,, ABREU, U, G, P,, MCMANUS, C,, & COMASTRI FILHO, J, A, Monitoramento do desenvolvimento de cavalos pantaneiros por meio de curvas de crescimento, **Archivos de zootecnia**, 56, Suplemento 1, p,647-654, 2007,

SARMENTO, J, L, R,, REGAZZI, A, J,, SOUSA, W, H, D,, TORRES, R, D, A,, BRENDA, F, C,, & MENEZES, G, R, D, O, Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês, **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35, 435-442, 2006,

SOLANET, Emilio, **Tratado de hipotecnia**, 2 ed, Buenos Aires, ed Morata, 401p, 1946,

FERNANDES, T. J.; Souza, F. A. C.; Ribeiro, R. A.; Cunha, F. O.; Meirelles, S. L. C.; Moura, R. S. and Muniz, J. A. 2020. Growth curve for height at withers and body length of Mangalarga Marchador horses. *Ciência Rural*, 50:12, e20200140. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.06.006>

SOUZA, F,A,C,; FERNANDES, T,J,, MOURA, R,S,D,; MEIRELLES, S,L,C,; RIBEIRO, R,A,; CUNHA, F,O,; MUNIZ, J,A,; Modelagem não linear do crescimento em peso vivo de equinos da raça Mangalarga Marchador, **Ciência Rural**, 1-6p, 2017,

SOUZA, Gilberto Loureiro, Morfologia – seleção a toda prova, **Revista da Associação Brasileira de Criadores de Cavalos Crioulos - ABCCC**, p, 40-44, 1998,

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS, User's guide, Cary: SAS Institute, 525p, 2002,

TEIXEIRA, G. L., Fernandes, T. J., Muniz, J. A., de Souza, F. A. C., de Moura, R. S., & dos Santos Melo, R. M. P. (2021). Growth curves of campolina horses using nonlinear models. *Livestock Science*, 251, 104631,

TORRES, A, P,; JARDIM, W, R, **Criação do cavalo e outros equinos**, 3 ed, São Paulo: Nobel, 654p, 1987,

VALERA, M,; GÓMEZ, M,D,; MOLINA, A, La valoración de La capacidad locomotora Del Caballo Pura Raza Español em La selección de reproductores, In: LÓPEZ, G,E,V, Valoración morfofuncional e la selección de reproductores del Caballo de Pura Raza Española, 1,ed, Córdoba: **Caja Rural**, p,121-165, 2007,

ZAMBORLINI, L, C,; BERGMANN, J, A, G,; PEREIRA, C, S,; FONSECA, C, G,; CARNEIRO, A, S, R, Estudo genético-quantitativo de medidas lineares de equinos da raça Mangalarga Marchador, Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos, **Revista Brasileira de Ciências Veterinárias**,, v,3, n,2, 33-37, 1996,