



U LISBOA

UNIVERSIDADE  
DE LISBOA



## Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

**M.J. Fradinho**, D. Assunção, A.L. Costa, C. Maerten, V. Gonçalves,  
A. Teixeira, L. Fangueiro, M. Bliebernickt, A. Vicente



EmbriOvet  
Produção de Serviços Veterinários, Lda.



Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

### Introdução

#### Potencial de crescimento



Património genético...

(fenótipo variado)



Fatores ambientais...

- Objetivos dos criadores
- Maneio geral (incluindo as práticas alimentares)



Grande influência nos padrões  
de crescimento

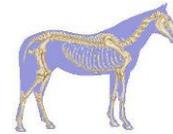
Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Introdução



Crescimento e desenvolvimento pode durar 3 a 5 anos  
➤ grande parte da vida produtiva do cavalo.

Utilização desportiva cada vez mais intensa e exigente



Começa em idades precoces, quando o desenvolvimento do esqueleto pode ainda não estar concluído

Taxas de crescimento associadas a um maior risco de problemas de desenvolvimento



O conhecimento do modelo de crescimento mais adequado para cada raça e tipo de utilização é fundamental para criadores e utilizadores.

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Introdução

### Modelos de crescimento (Puro-Sangue Inglês)



(Hintz *et al.*, 1979;  
Thompson, 1995;  
Staniar *et al.*, 2004;  
Brown-Douglas *et al.*, 2005;  
Onoda *et al.*, 2011;  
Kocher & Staniar, 2013; ...)

### Other breeds...

(Bigot *et al.*, 1988;  
Saastamoinen, 1990;  
Trillaud-Geyl *et al.*, 2004;  
Valette *et al.*, 2008;  
Heugebaert *et al.*, 2010,  
Fradinho *et al.*, 2016; 2020)

SF, AA, FT,  
Finnhorse,  
Lusitano,...

Crescimento e desenvolvimento em poldros warmblood tem sido estudado

(até ao desmame)  
(Vervuert *et al.*, 2005)



Informação é limitada no que se refere aos padrões de crescimento até à idade adulta, em condições de campo.



VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Objectivo



Caracterizar os padrões de crescimento no cavalo de desporto (Hanoveriano e Oldenburgo) através da aplicação de funções não lineares.

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Materiais & Métodos

- 72 poldros (raças Hanoveriana e Oldenburgo) (39 machos e 33 fêmeas);
- Nascidos entre 2015 e 2023 – coudelaria de referência na região sudoeste de França (Haute-Garonne);
- Periodicamente pesados e medidos (altura ao garrote).



Balança eletrónica digital  
(precisão 0.5 kg)



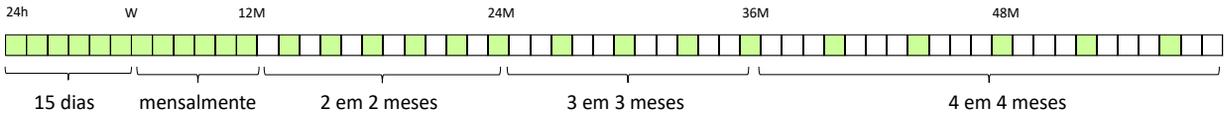
Hipómetro de alumínio  
(precisão 0.5 cm)

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Materiais & Métodos

- Medidas foram realizadas pelo mesmo operador, tendo-se obtido um total of 1.382 registos



- Seguidos entre o nascimento e os 58 meses (alguns poldros nascidos in 2015) (quando já estavam em trabalho regular)

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Materiais & Métodos



- Condições de manejo idênticas para todos os animais;
- Poldros permaneceram na pastagem com as mães até ao desmame (6 meses de idade);
- A partir do desmame os poldros foram conduzidos em grupo (por idades semelhantes) e separados por sexo;
- As dietas de cada grupo foram ajustadas em função de cada fase de crescimento, de acordo com as recomendações do INRA (INRA, 2012).

VII Jornadas do GTIE, 2023

- Ajustadas diversas funções de crescimento sigmoide (proc NLIN, SAS) (Brody, Logística, Gompertz, von Bertalanffy e Richards);

Brody

$$Y = A (1 - be^{-kt})$$

Logística

$$Y = A (1 + be^{-kt})^{-1}$$

Gompertz

$$Y = A e^{-be^{-kt}}$$

von Bertalanffy

$$Y = A (1 - be^{-kt})^3$$

Richards

$$Y = A (1 - be^{-kt})^M$$

Variáveis (Y) são descritas em função da idade (t)

A – limite assintótico, à medida que o t se aproxima do infinito (peso ou tamanho médio maduro);

b – constante de integração que ajusta a função quando t=0;

k – índice de maturidade (parâmetro da curva que estabelece a velocidade à qual essa variável se aproxima da maturidade A);

M – ponto de inflexão da curva sigmoide (0<M<1, ponto de inflexão indefinido, algures antes do nascimento).

- Nos modelos não lineares o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) não está definido de forma directa.
- $R^2$  corresponde a um pseudo  $R^2$ , calculado como:  $1 - (SS(\text{Residual}) / SS(\text{Total}_{\text{corrigido}}))$ .
- Para o ajuste dos modelos de regressão não-lineares, utilizou-se o método iterativo de Marquardt.

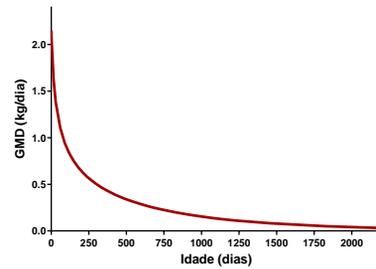
Medida	Modelo	Parâmetros				$R^2$
		A ( $\pm$ SE)	b ( $\pm$ SE)	k ( $\pm$ SE)	M ( $\pm$ SE)	
PV (kg)	Brody	565.6 $\pm$ 5.7	0.874 $\pm$ 0.004	0.002 $\pm$ 0.00006	-	0.953
	Logística	512.4 $\pm$ 4.2	3.69 $\pm$ 0.10	0.006 $\pm$ 0.0001	-	0.927
	Gompertz	529.1 $\pm$ 4.6	-1.71 $\pm$ 0.02	0.004 $\pm$ 0.00001	-	0.941
	von Bertalanffy	537.8 $\pm$ 4.7	0.452 $\pm$ 0.005	0.0033 $\pm$ 0.00008	-	0.945
	Richards	623.2 $\pm$ 14.1	0.981 $\pm$ 0.005	0.0013 $\pm$ 0.00012	0.626 $\pm$ 0.027	0.957
AG (cm)	Brody	164.1 $\pm$ 0.2	0.35 $\pm$ 0.003	0.004 $\pm$ 0.00001	-	0.947
	Logística	162.9 $\pm$ 0.4	0.51 $\pm$ 0.006	0.005 $\pm$ 0.00012	-	0.940
	Gompertz	163.4 $\pm$ 0.4	-0.42 $\pm$ 0.004	0.005 $\pm$ 0.00011	-	0.943
	von Bertalanffy	163.7 $\pm$ 0.4	0.13 $\pm$ 0.001	0.005 $\pm$ 0.00011	-	0.945
	Richards	172.9 $\pm$ 1.3	0.96 $\pm$ 0.007	0.0013 $\pm$ 0.00015	0.155 $\pm$ 0.007	0.960

Modelo que melhor se ajustou para as duas variáveis

**Materiais & Métodos**

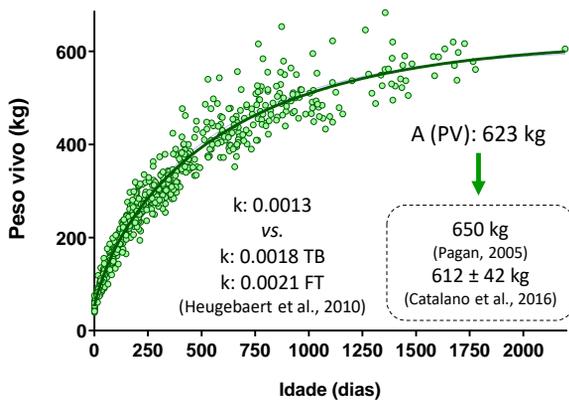
- O efeito do sexo foi também estudado;
- Taxas de crescimento (GMD, g/d ou cm/d) ➔ primeira derivada das equações:

$$Y' = MAkbe^{-kt} (1 - be^{-kt})^M / (1 - be^{-kt})$$



**Resultados & Discussão**

**Peso vivo**



Peso nasc.: 54 kg  
7 mo: 261 kg

Peso nasc.: 57 kg  
7 mo: 263 kg  
(Vervuert et al., 2005)

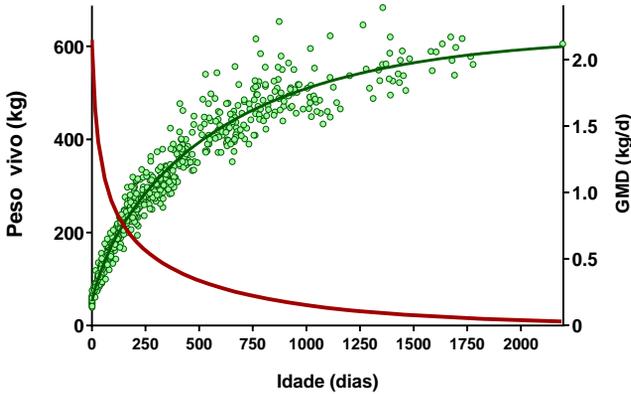
Proporções do PV adulto (%)

Idade	(presente estudo)	Lusitano (Fradinho et al., 2016)	PSI (Kocher & Staniar, 2013)	Cavalos desporto (Heugebaert et al., 2010)
6 M	39 (243 kg)	42	45	44
12 M	55 (342 kg)	58	67	60
24 M	74 (458 kg)	77	88	88
36 M	84 (523 kg)	89	96	97
42 M	90 (545 kg)	93	97	100

500 kg (PSL Studbook)      550 kg      590 kg  
 PV adulto

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

**Resultados & Discussão**



**GMD (g/dia)**

Idade	(presente estudo)	Lusitano (Fradinho et al., 2016)	PSI (Kocher & Staniar, 2013)	Cavalos desporto (INRA, 2012)
3-6 M	820	669	939	800-900
6-12 M	547	443	681	500-550
18-24 M	277	233	247	350-400
30-36 M	158	141	91	50-100
36-42 M	120	111	51	50-100

Compatível com crescimento moderado (↓ risco problemas osteoarticulares)

600 kg  
↑  
PV adulto  
**Crescimento moderado**

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

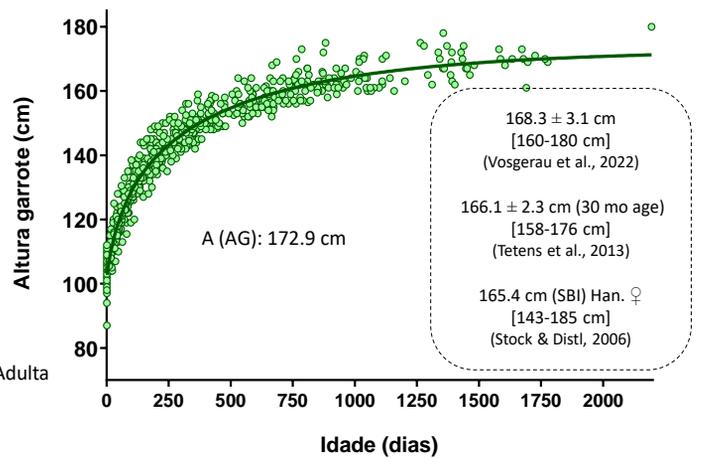
**Resultados & Discussão**

**Altura garrote**

Proporções da AG adulta (%)

Idade	(presente estudo)	Lusitano (Fradinho et al., 2016)	PSI (Kocher & Staniar, 2013)
6 M	80 (138 cm)	82	80
12 M	87	89	87
24 M	93	94	94
36 M	96	97	97
42 M	98 (167 cm)	97	98

160 cm (PSL Studbook) 169 cm ← AG Adulta



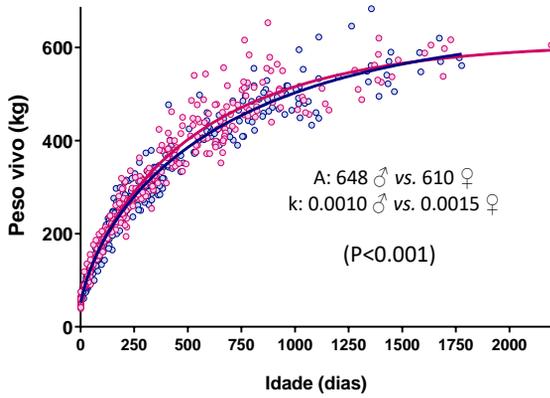
- Padrão similar entre raças
- Precocidade de desenvolvimento do tecido ósseo

VII Jornadas do GTIE, 2023

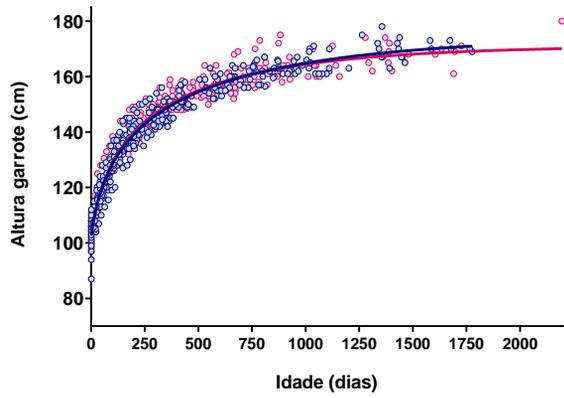
Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Resultados &amp; Discussão

## Efeito do sexo



Observadas diferenças entre os modelos para os poldros e poldras no que se refere ao PV



Não foi observado dimorfismo sexual na altura ao garrote

VII Jornadas do GTIE, 2023

Padrões de crescimento no cavalo de desporto: aplicação de funções não-lineares

## Conclusões

- A função de Richards mostrou ser a equação mais adequada para descrever o crescimento e desenvolvimento desta população de cavalos;
- Os ganhos médios diários observados para o peso vivo, nas mesmas idades, foram comparáveis aos níveis de crescimento moderado propostos para outras raças de desporto;
- As taxas de crescimento observadas para a altura ao garrote foram similares às observadas noutras raças (confirmando a precocidade do desenvolvimento do tecido ósseo);
- O dimorfismo sexual foi evidente para o peso vivo, mas não para a altura ao garrote;
- O presente estudo mostra que as funções não lineares podem ser aplicadas para descrever com precisão o crescimento e o desenvolvimento de cavalos de desporto de tipo warmblood (Hanoveriano e Oldenburgo).

VII Jornadas do GTIE, 2023

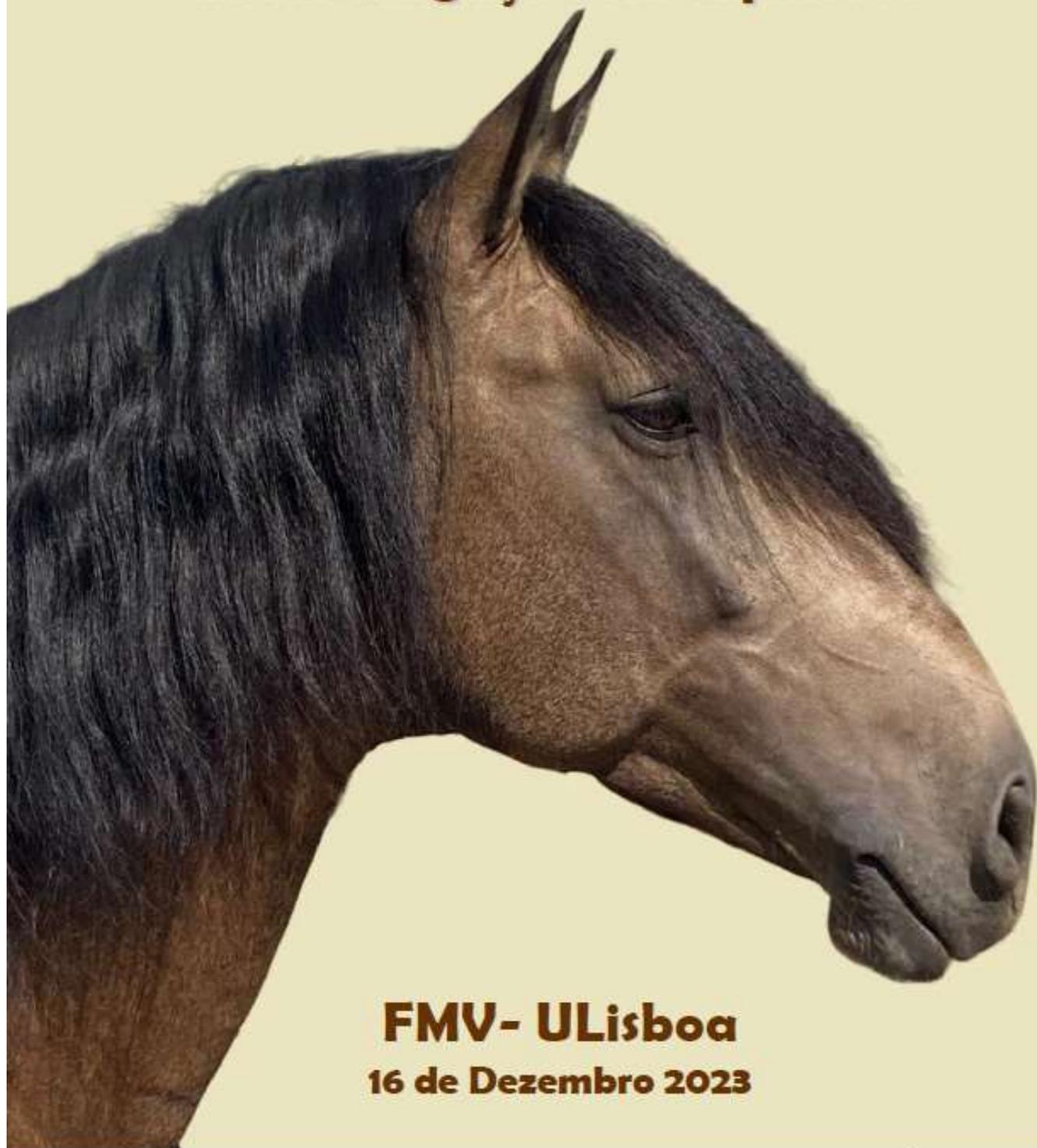
Obrigada!



**Agradecimentos:**

- Mme. Helen Burgess e toda a equipa do Haras de la Gesse!
- Projectos: CIISA UIDB/00276/2020 e LA/P/0059/2020 - AL4Animals.

# VII<sup>as</sup> Jornadas do Grupo de Trabalho de Investigação em Equídeos



**FMV- ULisboa**  
**16 de Dezembro 2023**

Organização:

Apoio:



**INTACOL**  
EQUINE NUTRITION



**PREMIX** Especialidades Agrícolas e Parasitárias, Lda

Comissão Organizadora:

Ana Sofia Santos (*FeedInov*)

Graça Ferreira Dias (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Maria do Mar Oom (*ULisboa, FC, cE3c*)

Maria João Fradinho (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Mário Cotovio (*CECAV-UTAD*)

Rui Caldeira (*ULisboa, FMV, CIISA*)

Comissão Científica:

Ana Sofia Santos (*FeedInov*)

Graça Ferreira Dias (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Maria do Mar Oom (*ULisboa, FC, cE3c*)

Maria João Fradinho (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Mário Cotovio (*CECAV-UTAD*)

Rui Caldeira (*ULisboa, FMV, CIISA*)

António Vicente (*ESAS, CERNAS*)

Elisa Bettencourt (*UÉvora*)

Maria Rosa Rebordão (*ESAC, CIISA, AL4Animals*)

Luís Atayde (*UPorto, ICBAS*)

Paula Tilley (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Luís Lamas (*ULisboa, FMV, CIISA, AL4Animals*)

Título: Livro de Resumos das VII Jornadas do GTIE

Editor: UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Autor: Grupo de Trabalho de Investigação em Equídeos

ISBN: 978-989-97385-7-7

# PADRÕES DE CRESCIMENTO NO CAVALO DE DESPORTO: APLICAÇÃO DE FUNÇÕES NÃO-LINEARES

M.J. Fradinho<sup>1,2</sup>, D. Assunção<sup>3</sup>, A.L. Costa<sup>3,4</sup>, C. Maerten<sup>3</sup>, V. Gonçalves<sup>3</sup>, A. Teixeira<sup>3</sup>,  
L. Fanguero<sup>3</sup>, M. Bliebernicht<sup>3,4</sup>, A. Vicente<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>CIISA, Centro de Investigação Interdisciplinar em Sanidade Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa. <sup>2</sup>AL4Animals, Laboratório Associado para a Ciência Animal e Veterinária.

<sup>3</sup>Pôle Reproduction–Haras de la Gesse, Boulogne-sur-Gesse, France. <sup>4</sup>Embriovet, Lda., Muge, Portugal.

<sup>5</sup>Escola Superior Agrária de Santarém. <sup>6</sup>CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Coimbra, Portugal.

O conhecimento das taxas de crescimento mais adequadas a cada raça e tipo de utilização é fundamental para criadores e utilizadores. O presente estudo teve como objetivo caracterizar os padrões de crescimento de cavalos de desporto, nascidos e criados numa coudelaria de referência, em França, utilizando funções não lineares. Para o efeito, 72 poldros (39 machos e 33 fêmeas) das raças Hanoveriana e Oldenburgo foram periodicamente pesados e medidos, tendo sido obtidos 1.382 registos para o peso vivo (PV) e altura ao garrote (AG). Os dados foram recolhidos entre o nascimento e os 5 anos de idade, quando os cavalos já estavam em trabalho regular. Inicialmente, foram ajustadas várias funções não-lineares (Brody, Logistic, Gompertz, von Bertalanffy e Richards) utilizando o procedimento NLIN do SAS. Contudo, a equação de Richards  $y = A(1 - b.exp(-kt))^M$  foi escolhida para a análise posterior por se tratar do modelo que melhor se ajustou às duas variáveis. As taxas de crescimento (GMD, kg/d ou cm/d) foram obtidas a partir da primeira derivada das equações e o efeito do sexo foi também avaliado. O PV médio à idade adulta foi de 623,2±14,1 kg e a altura ao garrote 172,9±1,3 cm. Segundo os modelos obtidos, as proporções (%) do PV adulto aos 6, 12, 24, 36 e 48 meses de idade foram, respetivamente, 39, 55, 74, 84 e 90%. As proporções da AG para as mesmas idades foram 80, 87, 93, 96 e 98%. Não foi observado dimorfismo sexual para a AG. No entanto, os modelos relativos ao PV são diferentes entre poldros e poldras (P<0,0001). As taxas de crescimento obtidas são semelhantes às descritas noutras raças de desporto para um crescimento moderado. O estudo apresentado demonstra que a equação de Richards pode ser utilizada para descrever com precisão o crescimento e o desenvolvimento de cavalos de desporto.

Agradecimentos: Projeto CIISA UIDB/00276/2020; LA/P/0059/2020 - AL4Animals.