

## PADRÕES DE REFERÊNCIA DA PRESSÃO PLANTAR NO MOVIMENTO DO CÃO DA SERRA DA ESTRELA

Carla Cruz,<sup>1</sup> António Mourão<sup>2</sup>, Ronaldo Gabriel<sup>1</sup>, Vítor Filipe<sup>1</sup>, João Barroso<sup>3</sup>, Mário Ginja<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CITAB, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal; [cmocruz@gmail.com](mailto:cmocruz@gmail.com), [rgabriel@utad.pt](mailto:rgabriel@utad.pt), [vfilipe@utad.pt](mailto:vfilipe@utad.pt), [mginja@utad.pt](mailto:mginja@utad.pt)

<sup>2</sup> I.P.B., Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal; [amourao@ipb.pt](mailto:amourao@ipb.pt)

<sup>3</sup> GECAD, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal; [jbarroso@utad.pt](mailto:jbarroso@utad.pt)

**PALAVRAS CHAVE:** Locomoção canina, pressão plantar, marcha semelhante ao pacing, ambladura, biomecânica, Cão da Serra da Estrela

**RESUMO:** Neste trabalho caracteriza-se em termos de pressão plantar o movimento do Cão da Serra da Estrela no andamento “Marcha Semelhante ao Pacing” (“Ambladura”). Foram analisados 11 cães Serra da Estrela, isentos de displasia da anca e sem sinais visíveis de patologias que afectem o movimento, recorrendo a um sistema de plataformas de pressão plantar (RSSCAN) com 2 metros de comprimento. Para a caracterização do movimento do Serra da Estrela foi desenvolvido um software de apoio que permite a análise cinética, determinando-se vários parâmetros espaciais, temporais e cinéticos relativos ao movimento do Cão da Serra da Estrela, que poderão servir de referência em futuros estudos sobre patologias do aparelho locomotor.

### 1 INTRODUÇÃO

A caracterização de movimento baseado em modelos cinéticos e cinemáticos pode ser uma ótima ferramenta, precisa e objectiva, de analisar alterações relacionadas com doenças [1-3]. Sendo um método não invasivo que incorpora informação objectiva do movimento sem influências externas, é uma importante ferramenta biomecânica usada na pesquisa e desenvolvimento de aplicações clínicas como geradoras de indicadores de guias de tratamento [4] e para comparar a eficiência de terapias alternativas [5].

Na última década, a análise do movimento tem tido um grande desenvolvimento na sua aplicação a animais [6]. Em particular no caso dos cães, tem vindo a ser utilizada nomeadamente na avaliação da displasia da anca (DA) e na avaliação do sucesso de diferentes procedimentos para o tratamento da DA e da ruptura de ligamentos cruzados. A grande maioria dos estudos tem incidido em cães médios, mas algumas das principais

patologias estudadas têm particular incidência e/ou relevância clínica em cães de grande tamanho.

Neste estudo, pretende-se estabelecer valores de referência relativos a diferentes parâmetros de pressão plantar numa raça de cães de grande tamanho, o Cão da Serra da Estrela. O primeiro andamento analisado foi a marcha semelhante ao *pacing* (popularmente designado por “ambladura”), um andamento que pelo apurado não tem sido analisado neste tipo de estudos, mas que é típico (apesar de não exclusivo) de cães grandes deslocando-se a baixa velocidade. Espera-se que estes dados permitam criar uma referência para a análise de exemplares com diferentes tipos de patologias, nomeadamente a displasia da anca, que afecta 67% dos exemplares da raça [7].

### 2 METODOLOGIA

Foram analisados 11 exemplares da raça Cão da Serra da Estrela (3 machos e 8 fêmeas),

com um peso médio de  $44.74 \pm 6.0$  Kg, clinicamente normais, sem evidência de claudicação e radiograficamente isentos de DA. Os animais foram sujeitos a um exame ortopédico prévio e radiografados para despiste de displasia da anca, realizando o exame radiográfico convencional como descrito por Ginja *et al.* [8].

Para a captura do movimento foi usado um sistema de sensores de pressão. Estes sistemas são constituídos por matrizes de sensores que registam alterações de resistência. Os valores são guardados a taxas de amostragem elevadas, permitindo depois a análise das amostras recolhidas. Os sistemas, baseados em sensores de pressão são uma alternativa bastante viável aos tradicionais sistemas de plataformas de força, permitindo o registo completo (devido ao seu maior comprimento) de várias passadas numa só amostragem [9]. Neste estudo, o set-up é composto pela colocação em série de duas placas RSSCAN (footscan® 2D 1m). O sincronismo das placas é feito via hardware, através de triggers internos que o sistema incorpora. Os valores de pressão registados nos 16384 sensores que compõem o sistema foram adquiridos à taxa de 210 hz, sendo registados, em software próprio desenvolvido para o efeito.

Para cada exemplar, foram analisadas 3 ensaios válidos, obtendo-se informação de 2 a 6 amostras de cada membro para cada cão. Os animais foram conduzidos à trela ao longo do sistema, deslocando-se à sua velocidade preferida ( $1.18 \pm 0.17$  m/s). Cada passagem foi também gravada por uma câmara digital capturando a 210 frames por segundo, de forma a permitir confirmar o andamento.

Foi desenvolvido um software específico para a análise da pressão plantar em cada animal. Para cada membro, os dados obtidos em cada ensaio são normalizados e suavizados. De forma a reduzir eventuais ruídos inerentes à elevada taxa de amostragem e sensibilidade dos sensores, foi efectuada um amaciamento da trajectória [10], no qual a cada valor registado é aplicada a média móvel de vizinhança um, de acordo com a Eq. 1:

$$v(i) = \frac{v(i-1) + v(i) + v(i+1)}{3} \quad (1)$$

Adicionalmente, e uma vez que a duração dos apoios é variável intra- e entre ensaios, foi efectuada uma normalização das sequências captadas para 200 amostras por apoio. Com base na Eq. 2 é efectuada a localização dos frames ( $f(fn)$ ) da sequência original na sequência normalizada ( $fn$ ), com  $fn$  a variar de 0 a 200., e recorrendo à Eq. 3 faz-se a estimativa da localização do valor  $v'(i)$ , sendo INT a parte inteira de valor real e FRAC a parte decimal de valor real.

$$f(fn) = \frac{fn * DuraçãoApoio}{200} \quad (2)$$

$$v'(i) = v(INT[f(i)]) * (1 - FRAC[f(i)+1]) + v(INT[f(i)]) * (FRAC[f(i)]) \quad (3)$$

Foram em seguida calculadas diversas variáveis relativas ao movimento, nomeadamente: comprimento e duração da passada (CP e DP, respectivamente), velocidade, e para cada membro (anterior esquerdo (AE), anterior direito (AD), posterior esquerdo (PE) e posterior direito (PD)): a duração do apoio (Dap), a pressão média durante o apoio (PM), a pressão máxima durante o apoio (PMax), e o intervalo de tempo decorrido até se alcançar a PMax (Pico de Pressão, PP). Nos membros posteriores, constatou-se que em 84% dos ensaios ocorriam dois picos de pressão, pelo nestes membros a pressão nos dois picos (PP1 e PP2) e o tempo até serem alcançados foram considerados em separado. Com base nos valores de pressão média, consideraram-se ainda vários índices de simetria: relação anteriores/posteriores (A/P), relação esquerda/direita (E/D), relação AE/AD, relação PE/PD [11]) e relação entre os dois picos de pressão nos membros posteriores.

Foram calculadas as principais estatísticas descritivas e de dispersão para as variáveis consideradas – média, desvio-padrão, mínimo, máximo e coeficiente de variação.

Após se ter confirmado, recorrendo ao teste de Kolmogorov-Smirnov, que as variáveis

analisadas têm distribuição normal ( $p > 0.05$ ), efectuou-se a ANOVA para comparar, entre as 4 patas, as médias relativas a DAp, PM, PMax e intervalo de tempo decorrido até se alcançar a PMax (nestes dois casos, considerou-se apenas o PP2 na comparação). O teste de Levene foi usado para testar a homogeneidade das variâncias. Uma vez que no intervalo de tempo até ao pico de pressão a variância não foi homogénea, recorreu-se ao teste de Welch para obter a estatística de F para esta variável. Determinou-se entre que membros ocorriam diferenças significativas com base no teste post-hoc de Games-Howell. A análise foi feita recorrendo ao software SPSS Statistics v. 17.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 indica as estatísticas descritivas para as variáveis consideradas. A tabela 2 apresenta os resultados para os índices e relações analisados.

Constata-se que os resultados relativos às pressões apresentam um elevado coeficiente de variação, principalmente os respeitantes aos membros posteriores.

A análise de variância indica que não ocorrem diferenças significativas entre os membros no que se refere à duração do tempo de apoio e, de forma marginal, à pressão média (tabela 3); o teste de Welch indica também a inexistência de diferenças no que diz respeito ao intervalo de tempo decorrido até se alcançar a pressão máxima ( $F(3,21.442)=0.865$ ,  $p=0.474$ ). Porém, a pressão máxima apresenta diferenças entre os membros ( $p=0.015$ ), sendo que tanto o anterior esquerdo como o direito apresentam diferenças significativas nesta variável relativamente ao posterior direito.

Durante a marcha, os cães suportam 70 a 80% do seu peso corporal em cada membro anterior e 50 a 60% em cada membro posterior (no trote, estes valores elevam-se para 105-115% e 65-70%, respectivamente) [12]; para a marcha semelhante ao pacing não foi possível encontrar valores na bibliografia, mas considerando as diferenças na sequência

de apoios, é provável que os valores sejam semelhantes ou algo inferiores aos da marcha. Assim, a ocorrência de diferenças na pressão máxima entre os membros anteriores e posteriores será expectável. Porém, o facto desta diferença apenas ocorrer em relação ao posterior direito (quando, por observação directa, os animais não aparentavam diferenças no movimento entre os membros) requer uma análise mais detalhada para apurar a razão.

Constata-se que os diferentes membros apresentam um comportamento distinto ao longo da fase de apoio, ocorrendo nomeadamente uma diferenciação entre os membros anteriores e os posteriores (figura 1). A pressão aumenta de forma exponencial durante o primeiro quarto da fase de apoio. Em seguida, no caso dos membros anteriores continua a aumentar de uma forma mais gradual até se atingir um pico de pressão entre 78 e 83% do tempo de apoio; no caso dos membros posteriores, constata-se a ocorrência de 2 picos de pressão – apesar de o máximo ser normalmente alcançado a 83% do tempo de apoio, tal como no caso dos anteriores, entre os 24 e os 26% da fase de apoio tende a ocorrer um primeiro pico, com uma pressão correspondente a 75-81% da verificada no pico de pressão. Esta curva “em forma de m”, com 2 picos, é típica para os membros posteriores durante a marcha, e tende a desaparecer com o aumento da velocidade; em contrapartida, o membro anterior pode ou não apresentar 2 ou um pico de força [2], sendo que neste trabalho se constatou que a norma é apresentar apenas um único pico.

Estes resultados são ainda preliminares, e carecem de uma análise mais aprofundada, de forma a caracterizar e quantificar as diferenças que existem intra- e entre indivíduos para cada um dos membros, mas permitem já estabelecer uma base de referência para futuros estudos relativos à movimentação de cães de grande tamanho e para comparação com animais afectados com diferentes tipos de patologias.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas para a pressão plantar (comprimento em m, duração em s, pressão em N/cm<sup>2</sup>, intervalo de tempo e coeficiente de variação em %)

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV
Comprimento da Passada	1.07	0.06	0.97	1.22	5.86
Duração da Passada	0.93	0.13	0.68	1.08	14.15
Duração Apoio AE	0.60	0.09	0.47	0.74	14.21
Duração Apoio AD	0.60	0.08	0.47	0.72	13.51
Duração Apoio PE	0.58	0.08	0.48	0.74	13.38
Duração Apoio PD	0.58	0.08	0.45	0.72	13.33
Pressão Média AE	8.06	1.72	5.52	11.75	21.37
Pressão Média AD	8.11	1.66	5.98	10.96	20.50
Pressão Média PE	6.84	2.28	4.53	12.62	33.33
Pressão Média PD	6.09	2.19	2.83	10.34	35.93
Pico Pressão AE	13.69	2.36	10.54	18.95	17.27
Pico Pressão AD	13.77	3.09	10.43	19.32	22.40
Pico Pressão 1 PE	8.19	2.37	5.62	14.36	28.97
Pico Pressão 2 PE	10.69	3.91	6.27	18.58	36.54
Pico Pressão 1 PD	7.04	3.64	0.27	12.36	51.71
Pico Pressão 2 PD	8.72	4.76	0.86	18.20	54.57
Intervalo de tempo para Pressão Máxima AE	0.78	0.11	0.55	0.92	14.06
Intervalo de tempo para PM AD	0.83	0.03	0.76	0.86	3.64
Intervalo de tempo para PM 1 PE	0.26	0.04	0.19	0.33	14.51
Intervalo de tempo para PM 2 PE	0.83	0.04	0.77	0.88	5.00
Intervalo de tempo para PM 1 PD	0.24	0.05	0.15	0.31	19.35
Intervalo de tempo para PM 2 PD	0.83	0.03	0.75	0.86	4.21

Tabela 2 – Estatísticas descritivas para os índices e relações (coeficiente de variação em %)

Índice	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	CV
Relação P1/P2 PE	0.75	0.15	0.47	0.95	20.16
Relação P1/P2 PD	0.81	0.19	0.49	1.14	24.02
Relação Anteriores/Posteriores	1.33	0.32	0.78	1.92	24.33
Relação Esquerda/Direita	1.06	0.18	0.84	1.41	17.00
Relação AE/AD	1.01	0.20	0.71	1.39	19.74
Relação PE/PD	1.01	0.37	0.70	1.79	36.56

Tabela 3 – Resultados da ANOVA

		Soma dos Quadrados	gl	Quadrados Médios	F	Sig.
Duração do Apoio	Entre Grupos	0,006	3	,002	0,330	0,803
	Dentro dos Grupos	0,258	40	,006		
	Total	0,264	43			
Pressão Média	Entre Grupos	31,919	3	10,640	2,711	0,058
	Dentro dos Grupos	157,010	40	3,925		
	Total	188,929	43			
Pico Pressão	Entre Grupos	199,709	3	66,570	5,024	0,005
	Dentro dos Grupos	529,987	40	13,250		
	Total	729,697	43			

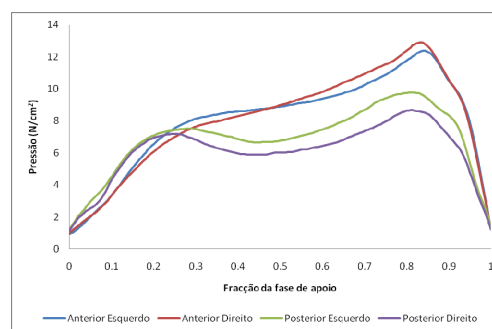


Figura 1 – Variação da pressão ao longo da fase de apoio de cada um dos membros

## AGRADECIMENTOS

J. Silvino, N. Soares, Francisco Ribeiro auxiliaram na recolha de dados.

Projecto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (SFRH/BD/41167/2007 e SFRH/PROTEC/49474/2009)

## REFERÊNCIAS

[1] K. Allen, C.E. Decamp, T.D. Braden, M. Bahns, Kinematic gait analysis of the trot in healthy mixed breed dogs. *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*, Vol. 7, nº 1, 148-153, 1994.

[2] C.E. Decamp, Kinetic and kinematic gait analysis and the assessment of lameness in the dog. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, Vol. 27, nº 4, 825-841, 1997.

[3] R. Gabriel, “Biomecânica da estabilidade articular. Análise do comportamento do tornozelo na mudança de direcção do caminhar”, PhD Thesis, Univ. de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, 1999.

[4] P. Seebeck, M.S. Thompson, A. Parwain, W.R. Taylor, “Gait evolution: a tool to monitor bone healing”. *Clin Biomech*, vol. 20, 883-891, 2005

[5] D.J. Jevens, C.E. Decamp, J. Hauptman, T.D. Braden, M. Richter, “Use of force-plate analysis of gait to compare two surgical techniques for treatment of cranial cruciate ligament rupture in dogs”. *Am. J. Vet. Res.*, Vol. 57, 389–393, 1996.

[6] R.L. Gillete, T.C. Angle, “Recent developments in canine locomotor analysis: A review”, *The Veterinary Journal*, Vol. 178, 165-176, 2008

[7] M.M. Ginja, A.M. Silvestre, J. Colaço, J.M. Gonzalo-Orden, P. Melo-Pinto, M.A. Orden, M.P. Llorens-Pena, A. J. Ferreira, “Hip dysplasia in Estrela mountain dogs: Prevalence and genetic trends 1991-2005 *The Veterinary Journal*, Vol. 182, 275-282, 2009

[8] M.M. Ginja, A.M. Silvestre, J.M. Gonzalo-Orden, A.J.A. Ferreira, “Diagnosis, genetic control and preventive management of canine hip dysplasia: A review”, *The Veterinary Journal*, Vol. 184, 269-276, 2010

[9] M.F. Besancon, M.G. Conzemius, T.R. Derrick, M.J. Ritter, “Comparison of vertical forces in normal greyhounds between force platform and pressure walkway measurement systems”, *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.*, Vol. 16, 153–157, 2003.

[10] A. Mourão, V. Filipe, C. Cruz, J. Silvino, M. Ginja, R. Gabriel, J. Barroso, “Ferramenta Computacional para a Análise Biomecânica da Locomoção Canina”, *Actas do 3º Congresso Nacional de Biomecânica, Bragança Portugal*, 2009

[11] S. Gibert, “Les affections orthopediques chez le chien: correlation entre les resultants de l’examen Clinique et ceux de l’analyse spatio-temporelle a l’aide d’un système Gaitrite©”, *These de doctorat vétérinaire, École Nationale Vétérinaire de Lyon, France*. 200

[12] P.F. Rumph, J.E. Lander, S.A. Kincaid, D.K. Baird, J.R. Kammermann, D.M. Visco, “Ground reaction force profiles from force platform gait analyses of clinically normal

mesomorphic dogs at the trot”, *Am. J. Vet. Res.*, Vol. 55, nº6, 756-761, 1994.

