

MENSURAÇÃO DA UNIFORMIDADE FUNCIONAL DE SUPERFÍCIE ESPORTIVA EQUESTRE PELOS MÉTODOS K25, AGRUPAMENTO HIERÁRQUICO CLUSTER E COMPONENTES PRINCIPAIS

LETICIA DE JESUS SANTOS¹; ÉVERTON AUGUSTO KOWALSKI²; HELENA ROSA DA SILVA³; GINO LUIGI BONILLA LEMOS PIZZI⁴; PRISCILA FONSECA RIBEIRO⁵; CHARLES FERREIRA MARTINS⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – leticia.jesus.0301@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – evertonequinocultura@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – vet.helenarosadasilva@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – gino_lemos@hotmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – priscilafri@hotmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – martinscf68@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

As propriedades funcionais de superfícies equestres demonstram interesse científico e industrial para cadeia produtiva, devido a influência que exercem sobre a saúde, bem-estar e performance atlética de equinos, através de efeitos biomecânicos oriundos da superfície (ROHLF et al., 2023). Nesse contexto, as arenas podem demonstrar comportamentos mecânicos distintos, devido a modificações na dureza, umidade, aderência, profundidade e composição, as quais definem a uniformidade superficial (NORTHROP et al., 2016).

A uniformidade consiste em semelhança entre itens de um dado conjunto ou série, que se comportam de maneira regular em um mesmo espaço. Posto isso, a uniformidade das propriedades funcionais é de extrema importância, pois elas garantem estabilidade e segurança ao movimento do cavalo (HOBBS et al., 2014). Caso as propriedades funcionais estejam desuniformes, estruturas como tendões, músculos e ligamentos sofrem sobrecarga no movimento, desencadeando futuras lesões, visto que, equinos tem adaptação limitada a superfícies com baixa uniformidade (PARKES; WITTE, 2015).

Os métodos atuais de análise da uniformidade espacial consistem no coeficiente de variação, comparação entre pontos conhecidos, Agrupamento Hierárquico de Cluster e Análise de Componentes Principais para identificar a variação encontrada nas arenas (HOBBS et al., 2014; NORTHROP et al., 2016). Entretanto, as superfícies equestres utilizadas no Brasil, possuem informações científicas nulas ou limitadas de seus efeitos, impossibilitando padronização dentro dos parâmetros recomendados pela Federação Equestre Internacional (FEI, 2022).

Ao expandir a área de conhecimento científico sobre arenas equestres, contribuirá para melhor desempenho, saúde e bem-estar de equinos. Devido a demanda apresentada, o trabalho teve como objetivo mensurar se a uniformidade das propriedades funcionais de superfície equestre pode ser mensurada pelos métodos K25, Agrupamento Hierárquico Cluster e Componentes Principais.

2. METODOLOGIA

2.1 MENSURAÇÃO DAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS SUPERFÍCIES

As propriedades funcionais foram mensuradas em uma superfície equestre situada na cidade de Jaguarão, Rio Grande do Sul, em dezembro de 2022, com

ausência de índices pluviométricos nos sete dias anteriores à testagem e submetida a manutenção corretiva, com rastelo mecanizado.

A determinação dos pontos de testes físicos *in situ* e coleta de amostras, ocorreu conforme metodologia adaptada de NORTHROP et al. (2016), com diminuição dos pontos de coleta. Para isso, a área total das superfícies foi dividida em 36 quadrantes contemplando 25 pontos (1m² cada ponto) para testes das superfícies e três pontos de coleta para mensuração da composição (Tabela 1). Todos os testes (Dureza, Umidade, Aderência, Profundidade superficial) foram realizados em triplicatas espaçadas por 20 centímetros em cada ponto de testagem.

2.2 DETERMINAÇÃO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DAS SUPERFÍCIES

A aderência foi obtida através de um dispositivo de tração funcional (PEHAN; SCHRAMEL, 2017), mensurando o pico de torque (N/m) em rotação de 45° de um corpo de teste (800 N) sobre a superfície.

A umidade (UM) da superfície foi medida com auxílio de um sensor TDR (Field Scout – Modelo TDR-100; Spectrum Technologies), realizando medições na profundidade de 0 - 7,6 cm e os resultados expressos em porcentagem (TOPP; DAVIS; ANNAN, 1980).

A profundidade da superfície (AL) (cm) foi mensurada com auxílio de uma haste métrica de aço inoxidável (1 mm de diâmetro), com capacidade de romper a camada superficial que compõem a sua estrutura até limite de fundação (NORTHROP et al., 2016).

A dureza (kPa) foi mensurada através de um medidor de compactação digital (FALKER – Modelo PenetroLOG - PLG1020) com capacidade de romper a estrutura da superfície sob velocidade constante (30 - 50 mm/s) até profundidade de 5 cm, com resolução de 0,01 metros de profundidade e os dados processados com Software digital.

Os resultados obtidos neste estudo compreendem comparação pelo teste de dados não paramétrico de Kruskal-Wallis ($P < 0.05$) para método K25 e Agrupamento hierárquico Cluster, o qual agrupou os dados pelo método de Ward considerando a distância Euclidiana. A análise de componentes principais foi utilizada para ponderar a influência de cada propriedade funcional pelos coeficientes gerados e variação total explicada, sendo os coeficientes rotacionados pelo método Varimax com normalização Kaiser. Os dados foram analisados com auxílio dos softwares R Statistic (4.2.1) e IBM SPSS Statistics 20.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A superfície mensurada demonstrou diferença ($P < 0.05$) em todas as propriedades funcionais pelo método K25 e Agrupamento Hierárquico Cluster (Tabela 1), sendo caracterizada por dois Componentes Principais (PC1 e PC2), restando Umidade (0.824) e Profundidade (-0.815) no PC1 explicando 33,68 % da variação encontrada e 32,75% da variação explicada pelo PC2, contendo dureza (0.734) e aderência (0.690). A variação total explicada foi 66,44%.

Tabela 1. Uniformidade das propriedades funcionais analisadas pelos métodos K25, Agrupamento Hierárquico Cluster e Componentes Principais.

Uniformidade	Dureza (kgf/cm ²) (n = 75)	Umidade (%) (n = 75)	Aderência (Nm) (n = 75)	Profundidade (cm) (n = 75)	
Mediana K25	9.82	12.90	19.60	6.90	
IQR	9.89	2.00	4.32	2.40	
Valor-P K25	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Agrupamento hierárquico cluster (10 Grupos)					
Valor-P Cluster	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Análise componentes principais					
Coefficientes rodados					
Componentes	Dureza	Umidade	Aderência	Profundidade	Total Explicado (%)
PC1	-0.050	0.824	0.048	-0.815	33.68
PC2	0.734	0.377	0.690	0.391	32.75
Coefficiente usado	PC2	PC1	PC2	PC1	66.44

K25: Modelo de comparação; Cluster: Agrupamento hierárquico cluster por distância euclidiana; IQR: Interquartile range; PC1 e PC2: Componentes principais.

Foi possível identificar umidade e profundidade como fatores preponderantes para compreensão da uniformidade funcional, verificando-se uma correlação negativa entre elas, pois conforme aumenta a umidade, ocorreu diminuição da profundidade, podendo levar o casco a interagir com camadas inferiores úmidas e compactadas da superfície. Acredita-se que a variabilidade encontrada na umidade está associada a diferentes fatores ambientais como topografia, temperatura e composição do solo, pois esses fatores determinam a retenção de água e consistência da superfície (HOBBS et al., 2014).

Houve também correlação positiva entre dureza e aderência, logo, conforme aumenta a dureza, maior será a aderência. Essa relação ocorre, pois conforme aumenta a força de coesão das partículas do solo, maior é a aderência entre elas. Porém, esses fatores apresentaram coeficientes dos componentes principais menores quando comparado a variação encontrada pelo PC1.

Estudo realizado previamente, diferente do verificado pelo presente trabalho, apontou maior influência da umidade sobre a dureza (NORTHROP et al., 2016), e a possível ausência de uniformidade em arenas equestres também foi constatado por demais pesquisadores, como em estudo realizado por HERNLUND et al. (2017). Por conta da baixa capacidade adaptativa musculoesquelética do cavalo em superfícies desuniformes, esse tipo de interação casco/solo pode acarretar em futuras lesões, comprometendo o desempenho do animal (PARKES; WITTE, 2015).

Entretanto, não é possível aferir quantitativamente a uniformidade a partir das análises apresentadas, pois apenas são constatados diferenças estatísticas e coeficientes explicativos que sugerem falta de similaridades mecânicas na superfície. Logo, estudos futuros devem visar o desenvolvimento de um modelo matemático para quantificação da uniformidade a partir dos métodos atuais.

4. CONCLUSÕES

A mensuração da superfície esportiva equestre pelos métodos K25, Agrupamento Hierárquico Cluster e Componentes Principais, possivelmente demonstrou ausência de uniformidade funcional, apontando umidade e profundidade como variáveis explicativas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHATEAU, H, et al. Biomechanical analysis of hoof landing and stride parameters in harness trotter horses running on different tracks of a sand beach (from wet to dry) and on an asphalt road. **Equine Vet J**, v. 42(38), p. 488-495, 2010.

CHRISTIAN, P.; SCHRAMMEL, J. P. **Method and device for determining the coefficient of friction between the surface of a test object, in particular of a base and the surface of a test body.** EP 3 141 886 A1, Mar. 2017.

FORRESTER, S.E.; TSUI, F. Spatial and temporal analysis of surface hardness across a third-generation artificial turf pitch over a year. **J Sports Eng Tech**; v. 228(3), p. 213-220, 2014.

HERNLUND, E. et al. Comparing subjective and objective evaluation of show jumping competition and warm-up arena surfaces. **The Veterinary Journal**, v. 227, p. 49-57, 2017.

HOBBS, S. J. et al. **Equine surfaces white paper equine surfaces white paper.** Federação Internacional Equestre (FEI), 2014.

HOBBS, S. J.; CLAYTON, H. M. Sagittal plane ground reaction forces, centre of pressure and centre of mass in trotting horses. **The Veterinary Journal**, v. 198, p. e14 – e19, 2013.

MURRAY, R.C; WALTERS, J; SNART, H; DYSON, S; PARKIN, T. How do features of dressage arenas influence training surface properties which are potentially associated with lameness? **The Veterinary Journal**, v. 186, p. 172-179, 2010.

NORTHROP, A. J. et al. Spatial Variation of the Physical and Biomechanical Properties Within an Equestrian Arena Surface. **Procedia Engineering**, v.147, p. 866 – 871, 2016.

PARKES, R. S. V.; WITTE, T. H. The foot-surface interaction and its impact on musculoskeletal adaptation and injury risk in the horse. **Equine Veterinary Journal**, v. 47 (5), p. 519 – 525, 2015.

ROHLF, C.M.; GARCIA, T.C.; FYHRIE, D.P.; LE JEUNE, S.S.; PETERSON, M.L.; STOVER, S.M. Shear ground reaction force variation among equine arena surfaces, **The Veterinary Journal**, v. 291, 2023.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN A.P. Electromagnetic determination of soil water content: Measurements in coaxial transmission lines. **Water Resour. Res.** V. 16(3), p. 574 – 582, 1980.