

Caracterização física de diferentes substratos e solo, após simulação de compactação em campo de polo, com grama bermuda 'Tifway 419'**Physical characterization of different substrates and soil, after simulation of polo field compaction, with bermudagrass 'Tifway 419'**

DOI:10.34117/bjdv6n9-737

Recebimento dos originais: 26/09/2020

Aceitação para publicação: 01/10/2020

Matheus Vinicios Leal Nascimento

Mestrando

UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu

Endereço: Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso

E-mail: matheus.vln@hotmail.com

Juliana Trindade Martins

Doutoranda

UNESP - Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira

Endereço: Av. Brasil, 56 - Centro - Ilha Solteira/SP - CEP 15385-000

E-mail: juliana29martins@gmail.com

Patrick Luan Ferreira Santos

Doutorando

UNESP - Faculdade de Ciências Agronômicas - Câmpus de Botucatu

Endereço: Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso

E-mail: patricklfsantos@gmail.com

Regina Maria Monteiro Castilho

Professora Doutora

UNESP - Faculdade de Engenharia - Câmpus de Ilha Solteira

Endereço: Av. Brasil, 56 - Centro - Ilha Solteira/SP - CEP 15385-000

E-mail: regina.castilho@unesp.br

RESUMO

A grama bermuda 'Tifway 419' é amplamente utilizada em campos esportivos de alta performance, como o polo equestre. Entretanto, diferente de outros esportes como futebol e golfe, o polo tem suas especificidades. O peso dos animais somados ao tráfego intenso durante as partidas de polo, submetem o gramado a um desgaste extremo, prejudicial a parte aérea da grama e as características físicas do solo. Dessa forma objetivou-se avaliar a propriedades físicas de diferentes substratos e solo, após dano ocasionado pela simulação de compactação em campo de polo, com grama bermuda 'Tifway 419'. O experimento foi conduzido a campo com tapetes de grama implantados em contêineres de plástico preto (volume de 11 L), em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x1 com três repetições, sendo os tratamentos compostos pelos seguintes substratos: S1- 100% solo, S2- 70% solo + 30% areia, S3 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo. Cada tratamento foi submetido a aplicação da força artificial de 150 Kgf cm⁻², por meio de prensa hidráulica simulando da pisada de um cavalo. Foram avaliadas as macro, micro e porosidade total, densidade e umidade dos substratos no local onde foi realizada a

compactação (ponto central) e no lateral de cada contêiner. Os resultados demonstraram que S3, à base de 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo, se mostrou mais eficiente para resistir a carga aplicada, enquanto o uso apenas de solo não é indicado devido à grande compactação gerada.

Palavras-chaves: Gramados esportivos; *Cynodon* spp; Esportes equestres.

ABSTRACT

The bermudagrass 'Tifway 419' is widely used in sports fields of high performance, as the equestrian polo. However, unlike other sports such as football and golf, polo has its specificities. The weight of the animals added to heavy traffic during polo matches, submit the lawn to an extreme wear, damaging the shoots of turfgrass and the physical characteristics of the soil. Thus, this study aimed to evaluate the physical properties of different substrates and soil, after damage caused by the simulation of polo field compaction, with bermudagrass Tifway '419'. The experiment was carried out in the field with turfgrass sod implanted in black plastic containers (volume of 11 L), in a completely randomized experimental design in factorial 3x1 with three replicates. The treatments were composed by the following substrates: S1- 100% soil, S2- 70% soil + 30% sand, S3 60% soil + 20% sand + 20% soil conditioner. At each treatment was subjected the application of an artificial force of 150 kgf cm⁻², by means of a hydraulic press simulating the stride of a horse. Were evaluated macro, micro and total porosity, density and moisture of the substrates in the place where it was performed the compaction (central point) and on the side of each container. The results showed that S3, based on 60% soil + 20% sand + 20% soil conditioner, provided to be more efficient to resist the applied load, while using only soil is not indicated due to the large compaction generated.

Keywords: Sports turfgrass, *Cynodon* spp, Equestrian sports

1 INTRODUÇÃO

A grama bermuda (*Cynodon* spp) é a mais utilizada em campos esportivos de alta performance (Santos et al., 2019), sendo que a espécie que se popularizou no país após a realização da Copa do Mundo FIFA (2014) e dos Jogos Olímpicos Rio 2016, eventos esportivos globais que trouxeram atualizações tecnológicas para as áreas de produção, manutenção e desenvolvimento de gramados (Kunh, 2015).

As gramas bermudas tiveram grande destaque nesses eventos, pois são usualmente implantadas em campos esportivos para prática de modalidades como o polo equestre, tênis, futebol, golfe e beisebol (Santos e Castilho, 2018), sendo amplamente utilizada devido à sua tolerância ao corte, taxa de fechamento, vigor durante o verão, características de tração positivas para atletas, resistência à separação e capacidade de suportar e recuperar-se de tráfego significativo durante crescimento ativo (Munshaw et al. 2017).

Tais características fazem da grama bermuda a mais indicada para campos de polo equestre, modalidade disputada em equipes e praticado à cavalo, que combina potência, atletismo e controle. Com o objetivo de pontuar, passando a bola pelas balizas da equipe adversária com o

uso de um martelo, os jogadores conduzem a bola por um campo de grama de aproximadamente 4 ha (274 x 146 m), onde o cavalo pode atingir velocidades de até a 56 km/h (USPA, 2020), alternando entre trotes, galopes e arrancadas dos animais. Assim, o gramado é exposto a inúmeras injúrias devido ao tráfego e pisoteio durante a partida.

Considera-se que os estresses assim resultantes de tráfego intenso interferem na qualidade e na persistência dos gramados, atuando negativamente de maneiras distintas, sendo pelo desgaste das plantas e compactação da superfície (Glab et al., 2015). O desgaste é resultante de abrasões, esmagamento e lesões nos tecidos foliares, afetam o processo de brotação da grama, enquanto a compactação altera as propriedades físicas do solo, aumentando sua densidade aparente (Dest e Ebdon, 2017), que por consequência reduz os espaços porosos do solo, principalmente os macroporos, prejudicando a infiltração da água, dificultando a penetração das raízes, podendo ocasionar a perda de solo (Alfaia et al. 2018).

Dessa forma, o polo equestre é uma modalidade esportiva que submete o gramado a um uso extremo, porém espera-se que o campo tenha uma superfície de jogo suave e resiliente o suficiente para suportar o impacto agressivo dos cascos de cavalos ao longo de uma temporada (Singh, 2017).

Entretanto, existe uma escassez de informações sobre os impactos causados pelo pisoteio dos animais nos gramados de polo equestre na literatura e na influência positiva que o uso de substratos atua no desenvolvimento e na qualidade de um gramado. Principalmente no Brasil, onde esporte é menos conhecido e popular e se concentra em regiões específicas do país.

Assim, objetivou-se, avaliar as propriedades físicas de diferentes substratos e solo, após dano ocasionado pela simulação de compactação em campo de polo, com grama bermuda ‘Tifway 419’.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, a pleno sol, em área experimental, na Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, Campus-II, em Ilha Solteira/SP, durante o mês de junho de 2018. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, caracterizado por estação chuvosa no verão e seca no inverno, definido como tropical úmido, sendo que no período da avaliação a temperatura média foi de 22,8°C, com umidade relativa média de 66,3%.

Para instalação do experimento, foram preparadas misturas de solo, areia e condicionador de solo e adicionados em contêineres de plástico preto (50 cm x 17,0 cm, com altura de 15 cm, totalizando um volume de 11 litros), e posteriormente foram recortados tapetes de grama bermuda

'Tifway 419' (*C. dactylon* x *C. trasnvaalensis*) e implantados nos contêineres previamente identificados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x1 com três repetições, sendo os tratamentos compostos pelos seguintes substratos:

Substrato 1 (S1): 100% solo

Substrato 2 (S2): 70% solo + 30% areia

Substrato 3 (S3): 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distroférico, retirado da camada superficial de 0 – 20 cm de uma região de cerrado; o condicionador de solo (C.S) é composto por casca de pinus e cinzas (farelado; CTC 200 mmolc kg¹ e 155% de capacidade de retenção de água) e a areia utilizada era lavada e possuía granulometria média, sendo adquirida no comércio local.

Durante o período do experimento não houve ocorrência de precipitação, sendo o manejo da irrigação realizado diariamente de forma manual, fornecendo a cada contêiner 2 litros de água. No dia 25 de junho de 2018, com o gramado já estabelecido, iniciou-se a simulação da pisada de um cavalo, quando os contêineres foram submetidos a aplicação da força artificial de 150 Kgf cm⁻² (simulando valor intermediário desprendido pelos cavalos durante o andar), de acordo com Biologically Applied Engineering (2009). A força foi aplicada no centro dos contêineres por meio de tarugos (50 mm de diâmetro) e a pressão exercida por uma prensa universal de ensaios (Figura 1), conforme metodologia adaptada de Wannop et al. 2019.

Figura 1. Compactação artificial sendo aplicada no ponto central do contêiner.



Para a avaliação da resistência mecânica do solo a penetração, utilizou-se o penetrógrafo com monitor/registrator semiautomático de resistência a penetração de solo modelo Penetrographer SC-60, sendo coletados os dados de resistência antes e posteriormente a aplicação da compactação artificial, sendo os valores obtidos na camada de 0 – 0,10 m de profundidade.

Ainda, foi avaliado a porcentagem de umidade nos substratos, por meio de um medidor de aparelho analógico, também antes e após a aplicação da compactação artificial.

Após a simulação, foram avaliadas as características físicas dos substratos no ponto central (onde foi realizada a compactação) e lateral de cada contêiner, sendo determinados a macro, micro e porosidade total e densidade dos substratos, de acordo com metodologia adaptada de Santos e Castilho, 2018.

Os resultados foram analisados através de análise de variância (ANAVA) e teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação de médias, utilizando-se do programa SISVAR para análise dos dados (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos no presente estudo (Tabela 1) demonstram que os tratamentos se mostram diferentes, sendo cada mistura essencial na resistência a penetração, o que influencia diretamente na compactação. Para as avaliações realizadas antes da simulação, os resultados variaram entre 0,7192 a 1,114 Mpa, enquanto após a compactação houve grande incremento nos valores, havendo variação de 0,9153 a 1,4383 Mpa, sendo que para ambas avaliações o tratamento S2 apresentou maior valor. Contudo, houve maior aumento da porcentagem de resistência a penetração no tratamento composto apenas de solo (S1) (33,33%), enquanto S3 apresentou apenas 03,57% de aumento. Fato esse possivelmente se deve, pois S3 contém condicionador de solo (C.S.) em sua composição, e segundo Santos e Castilho (2018) substratos com C.S. aumentam a porosidade do solo, e diminuem a resistência a penetração, o que corrobora com o presente estudo. Ainda, o C.S. consegue reter mais umidade (Santos e Castilho, 2018), semelhante ao observado na Tabela1, posto que a redução de umidade em S3 foi de apenas 16,10% após a simulação da compactação.

Tabela 1. Valores de resistência dos solos à penetração (Mpa) inicial e final, e porcentagem de redução de umidade.

Substrato	Resistência a penetração (MPa)		Aumento da resistência penetração	da Redução de umidade após compactação
	inicial	final	----- % -----	-----
S 1	0,7192	1,0787	33,33	30,67a
S 2	1,1114	1,4383	22,71	20,32ab
S 3	0,8826	0,9153	03,57	16,10a
CV%	26,60*	33,84*	-----	20,15

Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *valores transformados arco-tangente; S1 - 100% solo, S2 - 70% solo + 30% areia, S3 - 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo.

Todos os resultados observados (Tabela 1), estão abaixo de 2 MPa, que conforme citado por Silva et al. (2002), já são prejudiciais para o crescimento das raízes e da parte aérea. Todavia, Rossetti e Centurion (2017), apontam que em solos secos com valores de resistência a penetração inferiores a 1 MPa e em solos com umidade adequada com entre 4 e 5 Mpa, não causam limitação ao crescimento radicular. Assim, no presente estudo os tratamentos S1 e S3, antes e depois da simulação, estão dentro do citado, o que infere-se que eles proporcionarão boas condições para o desenvolvimento das raízes da grama, mesmo após a compactação gerada.

Os resultados se encontram próximos dos observados por Holmes e Bell (1986) em estudo em campo de futebol, onde os autores relataram encontrar valores de resistência de 1,0 MPa em regiões com menor fluxo de tráfego e valores de 1,4 MPa em locais de tráfego intenso. E, segundo FOLONI et al. (2003), valores a partir de 1,4 Mpa limitam o sistema radicular de romper a camada compactada do solo, e conseqüentemente, prejudicam o desenvolvimento do gramado. E assim, no presente estudo, S2 foi o único a apresentar referido resultado (1,4383 MPa), e com isso, espera-se menor desenvolvimento do gramado no citado substrato.

Observa-se que S3 que contém C.S. contribuiu para que houvesse menores níveis compactação e menor redução de umidade, conforme descrito anteriormente, e essas características são essenciais para não interferirem na jogabilidade da partida. Segundo Radueg (2012), o nível de umidade no solo afeta diretamente o desempenho atlético dos cavalos para correr, virar e parar, onde a baixa umidade deixa a grama muito firme, mas escorregadia. LAUREDA et al. (2016) avaliando campos de polo na Argentina, observaram aumento superior a 25% na compactação após tráfego e pisoteio dos animais, valor esse próximo ao encontrado no tratamento S2 (22,71%) que não apresenta condicionador de solo em sua composição, e muito acima de S3 (3,57%), mostrando que o C.S. pode contribuir para um melhor desempenho da partida.

A compactação gerada após a simulação, causa um rearranjo das partículas do solo, fator que pode afetar o desenvolvimento do gramado, devido a alterar as condições adequadas de crescimento, interferindo na área de contato entre as raízes e o solo, que possibilita a obtenção de água e nutrientes e nos espaços porosos, responsáveis pelo fornecimento de oxigênio (Lima et al., 2018). Dessa forma, é esperado que em S1, esses fatores ocorram, e acabem prejudicando o desenvolvimento da grama, e conseqüentemente a jogabilidade da partida. A simulação da compactação realizada, além de diminuir a resistência mecânica a penetração (Tabela 1), pode acabar afetando outros fatores físicos, como a densidade e porosidade dos substratos (Santos et al., 2016), contudo fatos esses não foram observados no presente estudo (Tabela 3).

Tabela 2. Análise física do ponto lateral e central dos contêineres após compactação artificial.

Substrato	Ponto lateral			
	Densidade (g cm ⁻³)	Macro (%)	Micro (%)	PT (%)
S 1	2,03 a	18,3 a	32,9 b	51,2 a
S 2	2,09 a	14,1 a	36,63 b	50,73 a
S 3	1,95 a	7,2 a	45,37 a	52,57 a
CV%	6,45	37,21	7,87	5,08
Ponto central				
S 1	2,11 a	13,27 a	32,53 a	45,8 a
S 2	2,18 a	11,5 a	35,13 a	46,63 a
S 3	1,98 a	11,07 a	39,4 a	50,47 a
CV%	4,59	38,58	8,37	7,85

Média seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. S1 - 100% solo, S2 - 70% solo + 30% areia, S3 - 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo.

Observa-se que os valores obtidos para o ponto lateral (onde não foi realizado a compactação) não apresentaram diferença estatística para as características de densidade, macroporosidade e porosidade total. Por outro lado, nos valores de microporosidade, S3 obteve diferença significativa, apresentando maior porcentagem de microporos (45,37%). Valor semelhante aos resultados obtidos por Santos e Castilho (2018), que observaram valores de microporosidade entre 33,07% a 44% em diferentes substratos, onde os tratamentos com condicionador de solo apresentaram os melhores resultados.

Para os resultados do ponto central, onde houve a aplicação da força, não foi observado diferença estatística para nenhum dos resultados, contudo em números absolutos é nítido que S3 apresentou maior porosidade total e menor densidade quando comparado aos demais tratamentos.

De acordo com Duple (2011), valores de macroporosidade inferiores a 10% são prejudiciais ao crescimento radicular, e apenas S3 no ponto lateral, apresentou valor abaixo do

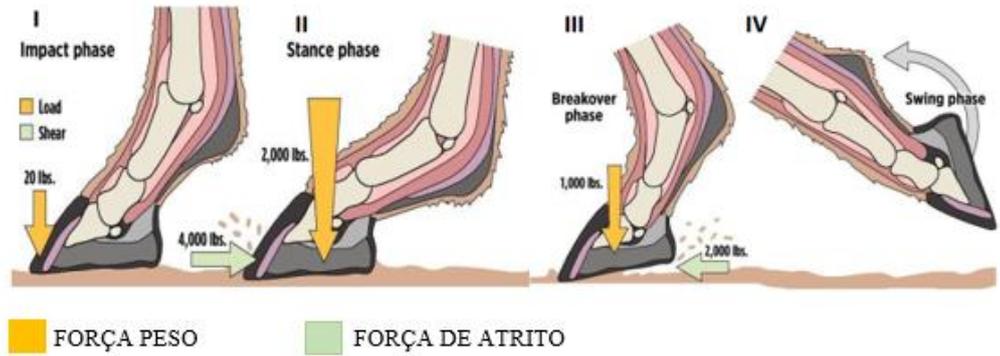
citado (7,2%). Entretanto, Santos e Castilho (2018) observaram que mistura de solo + areia + condicionador de solo, apresentou macroporosidade de 6,97% e foi o que mostrou os melhores resultados para o desenvolvimento de grama ‘Tifway 419’.

Valores de densidade obtidos após a compactação, que variam de 1,98 a 2,18 g cm⁻³ (Tabela 2) são considerados restritivos ao desenvolvimento vegetal, segundo Gao et al. (2016), visto que para os autores citados não devem exceder 1,19 g cm⁻³ - 1,57 g cm⁻³. Para USGA -United States Golf Association (2018) em campos de golfe, a densidade deve estar entre 1,19 e 1,72 g m⁻³, valores esses menores que os da Tabela 2

Ao relacionar os valores de porcentagem de aumento da resistência a penetração (Tabela 1) aos resultados de densidade (Tabela 2), observa-se a mesma tendência dos resultados encontrados por Santos et al. (2016) e Santos e Castilho (2018), onde misturas com maiores teores de condicionador de solo resultaram em menor densidade, enquanto baixos teores favoreceram a compactação e prejudicaram o desenvolvimento do gramado. Para Debiasi et al. (2018), em consequência desse aumento da compactação ocorre a redução da capacidade de infiltração e drenagem da água, condutividade hidráulica e a indisponibilidade de oxigênio nas raízes, o que pode levar a depauperamento do gramado.

Segundo a corporação americana Biologically Applied Engineering (2009), durante a movimentação dos cavalos de corrida, ocorrem três diferentes momentos de aplicação de carga no solo, que geram valores de 20; 1000 e 2000 lbs”² de impacto na superfície (Figura 2). Assim, se comparado aos resultados do presente estudo quanto aos valores de resistência mecânica à penetração do solo obtidos após a aplicação da compactação artificial com os supostos valores citados (Tabela 3, observa-se que a carga aplicada para promover a compactação artificial durante o experimento se assemelha aos valores de impacto gerados pelos animais na superfície. Dessa forma, a estimativa de compactação (1,348 MPa) gerada no ponto máximo de impacto (2000 lbs”²), indica que o tratamento S2 após a movimentação dos animais durante uma partida, seria mais propenso a causar limitações para o desenvolvimento das gramas.

Figura 2 – Fases do andamento do cavalo: (I) impacto; posição (II); rotação (III); elevação (IV).



Fonte: Adaptado de Biologically Applied Engineering (2020).

Tabela 4. Valores de resistência mecânica à penetração gerados pela aplicação de compactação artificial e os supostos valores de impacto durante o andamento do animal.

	Carga aplicada artificialmente		Cargas aplicadas durante o andar do animal	
	2133,4 lbs ²	20 lbs ²	1000 lbs ²	2000 lbs ²
Substrato	Resistência mecânica à penetração do solo (Mpa)			
S1	1,079	0,010	0,506	1,011
S2	1,438	0,014	0,674	1,348
S3	0,815	0,008	0,382	0,764

S - 100% solo, S + A - 70% solo + 30% areia, S + A + MO - 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo

Contudo, ressalta-se que em uma situação real poderiam ocorrer variações no desempenho dos tratamentos submetidos a compactação. Portanto, seria essencial a realização de operações de descompactação e/ou aeração do solo, com equipamentos específicos para uso em gramados, como o sistema de perfuração com pinos, frequentemente utilizado em campos esportivos (Mallehaiah et al., 2018; Kother, 2018). Contudo, infere-se que a frequência de descompactação com esses equipamentos será menor em S3, posto os baixos valores encontrados para referido substrato, mostrando que a escolha e a composição do substrato são fatores relevantes e serem considerados na implantação, manutenção e desempenho do gramado esportivo.

4 CONCLUSÃO

Houve grande incremento nas propriedades física dos substratos, após a simulação de compactação no gramado, onde o tratamento à base de 60% solo + 20% areia + 20% condicionador de solo, se mostrou mais eficiente para resistir a carga aplicada, enquanto o uso apenas de solo não é indicado devido à grande compactação gerada.

REFERÊNCIAS

ALFAIA, S. S.; AYRES, M. I. D. C.; ALVAREZ PUENTE, R. J., FERNANDES NETO, J. G.; UGUEN, K. Princípios agroecológicos para o manejo ecológico do solo e a saúde das áreas produtivas: cartilha para produtores rurais. Editora do Inpa. 2018. DOI: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/4752>.

BIOLOGICALLY APLLIED ENGENIEERING. **Materials and Publications**. 2009. Disponível em: <http://www.bioappeng.com/Horse/Public_mat.html> Acesso em: 3 mai 2020.

DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; SARAIVA, O. F.; GONÇALVES, S. G. **Compactação do solo**. AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2020. 1p. Disponível em < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fu5hwsuz02wx5eo0c9slrao5yhele.html>>. Acesso: 26 fev de 2020.

DEST, W. M.; EBDON, J. S. The effect of wear and soil compaction on kentucky bluegrass sod rooting and plant recovery. **International Turfgrass Society Research Journal**, v. 13, n. 1, p. 338-345, 2017. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/itsrj2016.05.0366>.

DUBLE, R. Turfgrass rootzones. **Texas Turfgrass**, v. 43, n. 1, p. 20-26, 1990.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C.; LIMA, S. L. Efeito da compactação do solo no desenvolvimento aéreo e radicular de cultivares de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 8, p. 947-953, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000800007>.

GAO, W.; WHALLEY, W.R.; TIAN Z.; LIU, J.; REN, T. A simple model to predict soil penetrometer resistance as a function of density, drying and depth in the field. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 155, p. 190–198, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.08.004>.

GLAB, T.; SZEWCZYK, W.; DUBAS, E.; KOWALIK, K.; JEZERSKI, T. Anatomical and morphological factors affecting wear tolerance of turfgrass. **Scientia Horticulturae**, v.185, p.1-13, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.013>.

HOLMES, G.; BELL, M. J. A pilot study of the playing quality of football pitches. **The journal of the sports turf research institute**. v. 62, p. 74-91, 1986.

KUHN, M. Projeto gramados esportivos Copa do Mundo FIFA 2014. In: MATEUS, C. M. D.; VILLAS BÔAS, R. L.; ANDRADE, T. F.; OLIVEIRA, M. R.; BACKES, C.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. J. G. **Tópicos atuais em gramados IV**. Botucatu: FEPAF, 2015. p. 23-34.

LAUREDA, D. A.; BOTTA, G. F.; TOLÓN BECERRA, A.; ROSATTO, H. G. Compactación del suelo inducida por la maquinaria en campos de polo en Argentina. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, v. 48, n. 1, 2016.

LIMA, C. L. R.; NUNES, M. C. M.; TUCHTENHAGEN, I. K., DUTRA JUNIOR, L. A., & BROD, T. L. Resistência de um argissolo à penetração estimada a partir da densidade e da umidade sob diferentes agroecossistemas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

MALLESIAIAH, S. K.; MURUGAIAH, J.; GOVINDASWAMY, V.; GANGA, M.; SURAKSHITHA, N. C. Influence of aerification technique on recuperative potential of warm season turfgrasses. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. v.88, n.5, p.779-785, 2018.

MATEUS, C.M.D.; TAVARES, A.R.T.; OLIVEIRA, M.R.; JACON, C.P.R.P.; SARTORI, M.M.P.; FERNANDES, D.M.; VILLAS-BÔAS, R.L. Influence of substrate base on sports field covered with bermuda grass. **Ornamental Horticulture**, v.23, n.3, p.319-328, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/oh.v23i3.1104>.

MUNSHAW, G.; BIGELOW, C. A.; GOATLEY, M.; FRESENBURG, B. **Optimizing bermudagrass athletic field winter survival in the transition zone**. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech, VT/1017/CSES-200P, 2017. 9p.

RADUEG, D. Polo fields: uniquely challenging turf management. **Sportsturf**, v. 28, n. 1, p.16-19, 2012.

ROSSETTI, K. V.; CENTURION, J. F. Indicadores de qualidade em Latossolos compactados e suas relações com o crescimento do sistema radicular do milho. *Revista Agro@ambiente on-line*, v.11, n.3, p.181- 190, 2017. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i3.3845>.

SANTOS, P. L. F.; BARCELOS, J. P. Q.; CASTILHO, R. M. M. Diferentes substratos de um gramado ornamental para uso em telhados verdes. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, v.4, n.10, p.81-94, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.17271/2317860441020161393>.

SANTOS, P. L. F.; CASTILHO, R. M. M. Substrates in the development of a sports turfgrass “Tifton 419”. **Ornamental Horticulture**, v. 24, n. 4, p.138-144, 2018. DOI: <https://doi.org/10.14295/oh.v24i2.1155>.

SANTOS, P. L. F.; CASTILHO, R. M. M.; GAZOLA, R. P. D. Pigmentos fotossintéticos e sua correlação com nitrogênio e magnésio foliar em grama bermuda cultivada em substratos. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 1, p. 92-101, 2019.

SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudos de sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.1-18

SINGH, B. **Fundamentals of Growing Turfgrass**. Notion Press; 1 edition, p.1-160, 2017.

USGA – UNITED STATES GOLF ASSOCIATION. USGA recommendations for a method of putting green construction. **USGA Green Section Staff**, n. 4, p.1-16, 2018.

USPA. **The sport of polo. Equestrian sports. Rules**. Disponível em <<https://www.uspolo.org/sport/rules>>. Acesso em: 04 mar 2020.

WANNOP, J. W.; FOREMAN T.; MADDEN, R.; STEFANYSHYN, D. Influence of the composition of artificial turf on rotational traction and athlete biomechanics. **Journal of sports sciences**, v. 37, n. 16, p. 1849-1856, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/02640414.2019.1598923>.