

COMPACTAÇÃO DE DIFERENTES SUBSTRATOS ANTES E APÓS A IMPLANTAÇÃO DE UM GRAMADO ORNAMENTAL

Patrick Luan Ferreira dos Santos^{1,2}, Jéssica Pigatto de Queiroz Barcellos^{1,3}, Regina Maria Monteiro de Castilho^{1,4}, Heitor Pontes Gestal Reis^{1,5}

¹UNESP/Ilha Solteira-SP, Brasil.

²patricklfsantos@gmail.com, ³jessica.pqb@gmail.com, ⁴castilho@agr.feis.unesp.br ⁵heitor_reis@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a compactação de diferentes substratos antes e após a implantação de um gramado ornamental. O experimento foi conduzido a pleno sol na UNESP, Ilha Solteira/SP. Foram utilizados três componentes de substrato: areia, solo e matéria orgânica (grama batatais + esterco bovino decompostos por 1 ano), sendo que os Tratamentos foram: T1- solo; T2- solo + areia (2:1); T3- solo + areia (1:1); T4- solo + matéria orgânica (1:1); T5- solo + matéria orgânica (2:1); T6- solo + matéria orgânica + areia (2:1:1); T7- solo + matéria orgânica + areia (1:1:1) e T8- areia + matéria orgânica (1:2), instalados em containers de 8,46 L, e posteriormente implantada a grama esmeralda sobre cada tratamento, sendo realizadas as análises físicas de cada substrato em três datas distintas. Nota-se que substratos que apresentaram matéria orgânica em sua composição apresentaram os melhores resultados das análises físicas, destacando T8.

PALAVRAS-CHAVES: Grama-esmeralda. *Zoysia japonica* Steud. Atributos físicos.

ABSTRACT

This study aimed to analyze the compaction of different substrates before and after making an ornamental lawn. The experiment was conducted in full sun at UNESP, Ilha Solteira/SP. We used three substrate components: sand, soil and organic matter (bahiagrass + cattle manure decomposed for 1 year), and the treatments were: T1- soil; T2- soil + sand (2:1); T3- soil + sand (1:1); T4- soil + organic matter (1:1); + T5- soil + organic matter (2:1); T6- soil + organic matter + sand (2:1:1); T7- soil + organic matter + sand (1:1:1) and T8- sand + organic matter (1:2) installed in containers of 8.46 L and subsequently implanted zoysia grass on each treatment being carried out Stay analysis of each substrate at three different dates. It was noted that substrates that showed organic matter in their composition showed the best results in physical analysis, highlighting T8.

KEYWORDS: Zoysia grass. *Zoysia japonica* Steud. Physical properties.

1 INTRODUÇÃO

Na compactação ocorre uma reorganização das partículas que compõem a estrutura do solo, reduzindo a quantidade de ar nas proximidades da zona radicular, a infiltração de água no solo e dificultando o crescimento radicular. Como consequência desse adensamento verifica-se um decréscimo no desenvolvimento e crescimento radicular da planta, e a expressão dessa condição é verificada com a formação de raízes finas e superficiais (CARRIBEIRO, 2010).

Quando ocorre em gramados ornamentais, como exemplo os formados por grama esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) que na maioria das vezes são instalados em solos inadequados, a compactação do solo traz danos ao desenvolvimento do sistema radicular, comprometendo a absorção de nutrientes e o desenvolvimento completo da grama no local instalado (GODOY, 2005).

Godoy e Villas Bôas (2003) afirmam que com a compactação os espaços porosos do solo são reduzidos e a respiração das raízes é prejudicada, dificultando seu crescimento. Além disso, a drenagem é reduzida e pode ocorrer o alagamento destas áreas. Muitos nutrientes, devido à baixa concentração no solo e outros fatores que dificultam sua absorção pelas raízes têm que ser absorvidos de forma ativa, ou seja, dependem de um gasto de energia da planta (carboidratos convertidos em energia) para que o nutriente (na forma de íon) seja absorvido. Como a produção de energia na planta é realizada, principalmente, através do processo de respiração todo o fator que reduz a respiração das raízes pode reduzir a absorção de alguns nutrientes. Esse declínio no desenvolvimento da parte aérea favorece o aumento na absorção de radiação solar pelo solo e elevação de sua temperatura, além de permitir a invasão de plantas daninhas, contribuindo, portanto para a deterioração do gramado (ALI HARIVANDI, 2002).

Assim, solos devem possuir espaços porosos suficientes para permitir à movimentação de água e gases e resistência favorável a penetração de raízes (IMHOFF; SILVA; TORMENTA, 2000), sendo uma alternativa a utilização de misturas de componentes de substrato, os quais devem apresentar propriedades físicas adequadas no processo de estabelecimento e desenvolvimento das gramas.

Portanto o presente trabalho teve como objetivo analisar a compactação de diferentes substratos antes e após a implantação de um gramado ornamental.

2 METODOLOGIA

O experimento foi implantado no dia 15 de maio de 2011, sendo preparados os substratos e adicionados em contêineres de plástico preto (volume 8,46 L), a seguir foram recortados tapetes de grama-esmeralda (*Zoysia japonica* Steud.) e implantados nos contêineres previamente identificados. O delineamento experimental utilizado foi um delineamento inteiramente casualizado com 8 tratamentos e três repetições, sendo os tratamentos compostos pelos seguintes substratos:

Tratamento 1- solo

Tratamento 2- solo + areia (2:1)

Tratamento 3- solo + areia (1:1)

Tratamento 4- solo + matéria orgânica (1:1)

Tratamento 5- solo + matéria orgânica (2:1)

Tratamento 6- solo + matéria orgânica + areia (2:1:1)

Tratamento 7- solo + matéria orgânica + areia (1:1:1)

Tratamento 8- matéria orgânica + areia (3:1)

O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Distroférrico (EMBRAPA, 2006) retirado da camada de 0 – 20 cm da Fazenda Experimental da UNESP, Campus de Ilha Solteira-SP localizada no município de Selvíria-MS, cuja análise química consta da Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo. UNESP, Ilha Solteira – SP, 2011

	pH	Ca	Mg	K	Al	H + Al	SB	CTC	P	MO	V
	H ₂ O	-----mmol _c dm ⁻³ -----							mg dm ⁻³	g dm ⁻³	%
Solo	5,0	24	1,0	0,7	0,0	22	25,9	47,9	27	31	54

Método de ensaio: método da resina citado por Raij et al. (1987).

O composto utilizado foi decomposto por 1 ano, sendo formado das folhas de grama batatais e esterco de curral (1:1); a areia média lavada foi adquirida no comércio local. O manejo da irrigação foi realizado diariamente de forma manual, sendo que os contêineres receberam água até a saturação, para que o fator água não interferisse nos resultados do experimento.

Foram realizadas análises físicas dos substratos, em três datas distintas, avaliando-se macro e microporosidade, porosidade total e densidade dos substratos. Sendo a primeira realizada na instalação do ensaio, antes da implantação do gramado, no dia 15 de maio de 2011 com uma amostra deformada. Já após a grama estar instalada, foram realizadas uma segunda e terceira análise nos dias 15 de dezembro de 2011 e 10 de julho de 2012, respectivamente, sendo estas amostras indeformadas, utilizando para todas o método da Embrapa (1997).

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, 2000).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Gramados

Os gramados tem assumido em todo o mundo lugar de destaque tanto pelo seu admirável valor estético como por suas diversas funcionalidades. Além de fazer parte do cenário paisagístico em jardins, parques, cemitérios, fazendas e margens de rodovias, tornaram-se também o elemento principal da paisagem dos campos de futebol e de golfe no mundo (CARRIBEIRO, 2010).

De acordo com a Associação Internacional dos Produtores de Grama (“Turfgrass Producers International”) um gramado bem mantido proporciona um local confortável e seguro para diversão e prática de esportes; libera oxigênio (cerca de 230 m² de área gramada libera O₂ suficiente para quatro pessoas); refresca o ar e com isto contribui para os esforços de reduzir a tendência de aquecimento global (em um dia quente de verão um gramado apresenta 16,5°C e 7,8°C a menos que a de um asfalto e um solo sem vegetação, respectivamente); controla a poluição do solo (a rizosfera serve com um filtro absorvendo o que passa por ela) e pode elevar o preço de um imóvel em até 15% (OLIVEIRA, 2012).

Outro efeito favorável dos gramados para o ambiente é o controle da erosão do solo. De acordo com Gross, Angle e Welterle (1990), os gramados resultam em solos com alta capacidade de infiltração de água, com perdas de nutrientes muito pequenas por enxurrada (0,14 e 0,02 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente) quando comparado a uma área cultivada com milho (2,46 e 0,50 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente) ou tabaco (11,7 e 2,4 kg ha⁻¹ de N e P, respectivamente). A quantidade de sedimentos perdidos de área gramada é dez vezes menor do que uma área coberta por palha (OLIVEIRA, 2012).

Quando se trata de rodovias a cobertura vegetal é composta basicamente por capim-braquiária, grama-batatais e grama-seda (CORSINI; ZANOBIA, 2003) não sendo comum a utilização de gramas cultivadas, devido o fato das áreas serem muito extensas, o que elevaria o custo. No entanto, a maior disponibilidade de verba com a terceirização das rodovias estaduais gerou melhor qualidade na manutenção de áreas verdes para tornar a rodovia esteticamente agradável ao motorista, o que pode viabilizar a introdução de gramas de menor porte que necessitem de menor número de roçadas durante o ano, diminuindo assim o custo de manutenção (GODOY, 2005).

Desde a década passada os gramados vêm sendo implantados com espécies e híbridos de grama de grande beleza, o que exigem cuidados especiais em sua manutenção, dentre os quais se destaca a necessidade de aparas constantes da grama, fertilização, aeração do solo, irrigação e controle de plantas daninhas (OLIVEIRA, 2012); além disso, o manejo da compactação do solo é essencial.

3.2 Grama esmeralda

De acordo com Gurgel (2003), a grama-esmeralda, *Zoysia japonica* Steud., originária da Ásia, principalmente do Japão, é uma gramínea classificada como de clima quente, com capacidade de se desenvolver em altas temperaturas, dentre as quais é tida como herbácea de hábito rizomatoso, o que lhe confere grande capacidade de regeneração, principalmente por injúrias causadas por tráfego excessivo, já que os rizomas, que são a base do crescimento vegetativo, permanecem enterrados em sub-superfície, ficando protegidos de danos mecânicos diretos.

Devido à sua resistência ao pisoteio, durante muitos anos formou os gramados de campos de futebol do Brasil. Possui ciclo perene e é muito ramificada, com densidade excelente, mas baixo crescimento lateral. A altura varia até 15 cm, com folhas estreitas e pequenas, dispostas em hastes curtas e densas, formando um perfeito tapete quando cortada com frequência, sendo mais indicada para a formação de gramados ornamentais, de lazer e esportivos. Apresenta ainda crescimento rápido e cor verde intenso, e adapta-se bem em diferentes tipos de solo, exceto os solos com baixa capacidade de drenagem (GURGEL, 2003).

É tolerante ao frio e salinidade, entretanto, seu crescimento é lento o que dificulta seu estabelecimento, podendo isso ser uma vantagem na manutenção por exigir menor frequência de cortes em relação a algumas outras gramíneas de estação quente (TRENHOLM; UNRUH, 2006), e tolera sombreamento leve principalmente quando adubada, mas é menos tolerante que a grama São-Carlos (*Axonopus*) (LORENZI; SOUZA, 2001).

É apropriada para a formação de gramados a pleno sol, em substituição à grama-batatais (*Paspalum notatum*) e à grama-inglesa (*Stenotaphrum secundatum*), por ter a folhagem mais delicada. É mais rústica que as demais espécies de *Zoysia*, mas, entretanto, não resiste tanto ao pisoteio quanto à grama-batatais. É exigente quanto a intervalos de irrigação e quanto à fertilidade (LORENZI; SOUZA, 2001).

Segundo Arruda (1997), a adubação frequente mantém a coloração verde-esmeralda intensa, importante esteticamente, além de, aliada a irrigação, acelerar o crescimento da grama que, segundo o autor, deve ser mantida a uma altura de 3,0 cm, exigindo podas mais frequentes.

3.3 Efeito da compactação do solo no desempenho das grama

A compactação pode ser definida como um rearranjo das partículas sólidas do solo, causando aumento da densidade, que é a relação da massa seca das partículas pelo volume total do solo. De forma geral, ela ocorre devido à compressão exercida no solo em função do tráfego de veículos, máquinas e equipamentos, animais e pessoas, as chamadas forças externas, e/ou por forças internas, como pelos ciclos de umedecimento e dessecação do solo, congelamento e degelo, expansão e contração da massa do solo e, ainda, pelo crescimento de raízes de grande porte que empurram as partículas forçando sua passagem (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

Os efeitos negativos da compactação não se limitam apenas as características físicas do solo (principalmente aeração e capacidade de retenção de água), mas também nas

características químicas, quer seja pela dificuldade do caminhar dos nutrientes no solo, quer pela menor eficiência de aproveitamento dos mesmos pelas plantas (SANTOS et al., 2012).

De acordo com a USGA (1993), valores adequados de porosidade total, que permitam um crescimento e desenvolvimento adequado das gramas estão compreendidos entre 0,55-0,35 cm³ de poros por metro cúbico por centímetro do solo, resultando em um intervalo de densidade de 1,19-1,72 g m⁻³. Brady e Weil (1989) consideram intervalos ideais de densidade valores compreendidos entre 1,3 a 1,6 g cm⁻³, sendo densidades superiores a 1,7 g cm⁻³ restritivas crescimento vegetal. De acordo com Duble (2011), para a maioria dos sistemas grama recomenda-se uma densidade entre 1,4 e 1,6 gramas por centímetro cúbico.

Carribeiro (2010), trabalhando com níveis de compactação (1,21; 1,39; 1,49; 1,54 g cm⁻³), relata que solos com baixa densidade, mostraram-se pouco favoráveis à manutenção da cobertura verde da grama esmeralda, sendo, portanto, inadequados para o desenvolvimento da mesma.

Quando ocorre em jardins, tanto públicos quanto residenciais, a compactação do solo traz danos ao desenvolvimento do sistema radicular, comprometendo a absorção de nutrientes e o desenvolvimento completo do gramado no local instalado, como relatado por Godoy (2005). Ali Harivandi (2002) ainda afirma que a restrição no nível de oxigênio ocasionada pela alteração nos espaços porosos do solo pode tornar limitante o crescimento de raízes e seu funcionamento, reduzindo a absorção de água e nutrientes devido ao desenvolvimento de raízes rasas (superficiais) e grossas, menor formação de perfilhos, rizomas, estolões e redução no desenvolvimento da parte aérea, ocorrendo perda da cor verde da grama (sofre um amarelecimento geral) em função da indisponibilidade de nitrogênio na forma adequada, entre outros elementos. Esse declínio no desenvolvimento da parte aérea favorece o aumento na absorção de radiação solar pelo solo e elevação de sua temperatura, além de permitir a invasão de plantas daninhas, contribuindo, portanto para a deterioração do gramado.

Independente da distribuição espacial e do perfil, a compactação cria, portanto, um ambiente desfavorável para o crescimento das plantas. Tráfegos pesados frequentemente causam danos significativos para as gramas no que diz respeito ao desgaste ou rompimento do sistema radicular dentro do solo molhado indicando aumento de danos na parte aérea dos gramados (ALI HARIVANDI, 2002). As principais consequências dos danos causados em gramas devido o adensamento do solo são: a redução na absorção de água e nutrientes pelas raízes, menor formação de perfilhos, rizomas, estolões e redução no desenvolvimento da parte aérea. Esse declínio no desenvolvimento da parte aérea favorece, portanto, o aumento na absorção de radiação solar pelo solo e elevação de sua temperatura, além de permitir a invasão de plantas daninhas, contribuindo, portanto para a deterioração do gramado (CARROW, 1981).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os dados de Macroporosidade dos substratos em cada tratamento.

Tabela 2 - Valores médios da Macroporosidade dos substratos aos 0, 215 e 422 dias após a implantação do experimento. Ilha Solteira – SP, 2012

Tratamento	Macroporosidade (%)					
	Dias após a implantação do experimento					
	0		215		422	
T1 – S	8,68	cd	11,73	c	9,75	c
T2 - S+A 1:1	6,71	d	19,56	bc	16,03	bc
T3 - S+A 2:1	8,90	cd	15,90	bc	14,62	bc
T4 - S+MO 1:1	16,48	abc	18,69	bc	19,70	b
T5 - S+MO 2:1	21,08	a	15,71	bc	17,01	bc
T6 - S+A+MO 2:1:1	12,12	bcd	17,56	bc	20,39	b
T7 - S+A+MO 1:1:1	17,81	ab	20,65	b	18,83	b
T8 - A+MO 1:2	23,09	a	33,08	a	32,08	a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. S = solo; A = areia; MO = matéria orgânica.

Pode-se constatar que o tratamento 8 apresentou maior média de macroporosidade na data da instalação do ensaio, seguido pelo tratamento 5. Tem-se também que T2 apresentou a menor média de porcentagem de macroporos seguido por T1 e T3 respectivamente.

Na segunda avaliação, com 215 dias após a implantação do experimento, houve um aumento da macroporosidade para todos os tratamentos, salvo o tratamento T5, que reduziu sua macroporosidade em 5,37%. O maior aumento foi para T2 (solo + areia 1:1), e o menor para T4 (solo + 1:1), sendo 12,85% e 2,21% respectivamente.

Na terceira avaliação, aos 422 após a implantação do experimento, houve uma queda da macroporosidade para todos os tratamentos, salvo os tratamentos 4, 5 e 6 que tiveram um aumento de 1,01%, 1,30% e 2,83% respectivamente. A maior queda na macroporosidade foi de T2 com diminuição de 3,53% da porcentagem de macroporos quando comparado à segunda avaliação.

De acordo com Duple (2011) valores referentes à macroporosidade, inferiores a 10% de macroporos no solo são prejudiciais ao crescimento radicular. Nota-se no presente trabalho que os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram na primeira avaliação valores de macroporosidade inferiores a 10% (8,68; 6,71; 8,90 respectivamente), ou seja, todos os que não tinham matéria orgânica em sua composição, sendo que na última avaliação o tratamento 1 novamente apresentou valor de macroporosidade inferior a 10%, sendo de 9,75% de macroporos. Os tratamentos 7 e 8, apesar de possuírem matéria orgânica em sua composição, apresentaram uma diminuição da porcentagem de macroporos na terceira avaliação, mantendo-se, entretanto acima dos 10% considerados prejudiciais, sendo que também T1, T2 e T3 (somente solo e solo + areia) apresentaram diminuição no valor de macroporosidade. Não obstante, os tratamentos 4, 5 e 6, que eram compostos por solo + matéria orgânica, ou por solo + areia e matéria orgânica, sendo o solo em maior proporção, tiveram seus valores aumentados.

Segundo Camilotti et al. (2006), o uso da matéria orgânica pode resultar em um aumento da macroporosidade do solo, o que é visto no presente trabalho. Em experimento com adição de lodo de esgoto, Barbosa, Tavares Filho e Fonseca (2007), concluíram que existe uma tendência ao aumento da macroporosidade do solo, corroborando com o aumento

observado nos tratamentos 4 (Solo+Matéria Orgânica 1:1). 5 (Solo+Matéria orgânica 2:1) e 6 (Solo+Areia+Matéria orgânica 2:1:1), na 2ª avaliação, e com T4, T5 e T6, na 3ª avaliação.

Marchini et al. (2012), estudando solo com cobertura de vegetação natural de cerrado, observou que esses apresentam maiores valores de macroporosidade em comparação ao solo exposto, ou com outro tipo de cobertura vegetal. Para Campos e Alves (2008), valores de macroporosidade abaixo de $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$, equivalente a 10% de macroporos, refletem a condição de degradação do solo, o que é observado em T1, na 3ª avaliação.

Santos (2014) em trabalho com compactação de diferentes substratos para desenvolvimento da grama esmeralda encontrou intervalos de macroporosidade entre 12-17,5%, e concluiu que os tratamentos com maiores teores de matéria orgânica apresentaram os melhores resultados. Fato esse corrobora com o presente trabalho, onde os substratos com matéria orgânica em sua composição constatarem os melhores resultados de macroporosidade.

Deve-se considerar, entretanto, que a primeira avaliação foi realizada anteriormente a instalação do tapete de grama esmeralda e, portanto, anterior a ação das raízes. Além disso, nota-se que na segunda avaliação houve um aumento geral da macroporosidade dos substratos, e segundo Silva e Mielniczuk (1997), as gramíneas podem ser usadas como plantas recuperadoras da estrutura do solo em áreas degradadas, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecendo as ligações entre partículas minerais contribuindo para a formação e estabilidade dos agregados. O fato de ocorrer uma diminuição em T2, T3, T7 e T8 pode ser devido a presença de areia em sua composição.

Para Kiehl (1979), um solo ideal é aquele que apresenta 1/3 de macroporos dos $0,50 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ocupados pelos espaços do solo, isto é, $0,17 \text{ m}^3/\text{m}^3$, ou, 17% de macroporos. Sendo assim, constata-se que, na 3ª avaliação, os tratamentos 1, 2 e 3 estão abaixo do ideal, e que o tratamento 5 é o único que obteve o resultado de considerado ideal estando com 17,01% de macroporos, enquanto os demais tratamentos, 4, 6, 7 e 8, estão com os valores acima do considerado ideal sendo de 19,7%, 20,39%, 18,83% e 32,08% respectivamente.

Contudo, T8 foi estatisticamente diferente dos demais na 2ª e 3ª avaliação, obtendo o maior valor, e T1, o menor valor.

A Tabela 3 apresenta os valores médios de microporosidade para cada tratamento nas três avaliações.

Tabela 3 - Valores médios de Microporosidade dos substratos aos 0, 215 e 422 dias após a implantação do experimento. Ilha Solteira – SP, 2012

Tratamento	Microporosidade (%)		
	Dias após a implantação do experimento		
	0	215	422
T1 – S	41,02 a	34,47 a	33,12 ab
T2 - S+A 1:1	39,10 a	20,21 b	23,66 b
T3 - S+A 2:1	39,28 a	38,35 a	28,22 ab
T4 - S+MO 1:1	43,28 a	38,81 a	36,43 a
T5 - S+MO 2:1	45,23 a	37,46 a	36,04 ab
T6 - S+A+MO 2:1:1	40,19 a	29,49 ab	28,44 ab
T7 - S+A+MO 1:1:1	41,91 a	27,81 ab	29,03 ab
T8 - A+MO 1:2	37,82 a	29,82 ab	31,65 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. S = solo; A = areia; MO = matéria orgânica.

Observa-se que as médias foram estatisticamente iguais na primeira avaliação, sendo T5 e T8 a maior e a menor média numérica apresentada. Já para a segunda avaliação, diferente do ocorrido com a macroporosidade, houve diminuição dos valores, tendo T4 a maior média, e T2 a menor média de microporosidade, sendo estes diferentes estatisticamente. Na terceira avaliação alguns tratamentos mantiveram a tendência a redução de microporosidade, sendo que T2, T7 e T8 que tiveram uma aumento de 3,45%, 1,22%, e 1,83% respectivamente.

Segundo Lopes et al. (2008), níveis ótimos de porcentagem de microporos de substratos para cultivos de plantas encontram-se no intervalo de 45 a 55%, sendo que no presente trabalho, todos os valores estão abaixo do citado.

Já Gonçalves e Poggiani (1996) consideram valores entre 25 a 50% de microporosidade como médio e valores inferiores a 25% como baixos. Sendo assim, todos os tratamentos, com exceção de T2, possuem um valor considerado médio para microporosidade nas duas últimas avaliações.

Santos (2014), observou valores de microporosidade entre 32,50% a 42% em diferentes substratos, onde os tratamentos com matéria orgânica apresentaram os melhores resultados.

Ao avaliar os dados de Porosidade Total contidos na Tabela 4, observa-se que na primeira avaliação há diferença estatística entre T5 e T2 sendo as médias extremas (66,31% e 45,81%, respectivamente). Na segunda avaliação há diferença estatística nas médias dos tratamentos T2 e T8, com diminuição geral dos valores comparados à primeira avaliação, com exceção T3 e do T8, que apresentaram aumento na porcentagem de porosidade total. Na terceira avaliação, T2 e T8 apresentaram menores e a maior porosidade total dentre os tratamentos, respectivamente. Os tratamentos 6 e 8 apresentaram aumento da porosidade total, e os demais tratamentos apresentaram uma leve diminuição.

Tabela 4 - Valores médios de Porosidade Total dos substratos aos 0, 215 e 422 dias após a implantação do experimento. Ilha Solteira – SP, 2012

Tratamento	Porosidade Total (%)		
	Dias após a implantação do experimento		
	0	215	422
T1 – S	49,49 bc	46,2 bc	42,87 BC
T2 - S+A 1:1	45,81 c	39,77 c	39,69 C
T3 - S+A 2:1	48,18 bc	54,25 abc	42,84 bc
T4 - S+MO 1:1	59,77 abc	57,49 ab	56,13 ab
T5 - S+MO 2:1	66,31 a	53,17 abc	53,05 abc
T6 - S+A+MO 2:1:1	52,31 abc	47,05 bc	48,84 bc
T7 - S+A+MO 1:1:1	59,77 abc	48,46 abc	47,86 bc
T8 - A+MO 1:2	60,91 ab	62,90 a	63,73 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. S = solo; A = areia; MO = matéria orgânica.

Para Baver (1956), a variação da porosidade total depende do tamanho das partículas e do grau de agregação, e a matéria orgânica tem papel importante, uma vez que favorece a formação de agregados, com consequente aumento na porosidade total, como constatado no tratamento com matéria orgânica e areia (T8).

A diminuição geral da porosidade total dos substratos pode ser explicada devido ao efeito cimentante, citado por Fermino (2003), quando as partículas menores se alojam entre os espaços livres, formado pelo arranjo das partículas maiores, já que como mencionado

anteriormente, na primeira avaliação o gramado ainda não havia sido instalado e o crescimento de raízes pode causar a compactação do solo, além de processos internos como umedecimento e secamento, e expansão e contração da massa do solo (CAMARGO; ALLEONI, 2006).

Segundo Gonçalves e Poggiani (1996), valores entre 75 e 85% de porosidade total são considerados adequados para produção de mudas, sendo que, no presente trabalho todos estão abaixo do citado. Para os mesmo autores, valores entre 55-75% são considerados médios e abaixo de 55%, baixos.

Segundo USGA (1993), valores adequados de porosidade total, para que haja um crescimento e desenvolvimento adequado em gramados estão compreendidos entre 0,35-0,55m³/m³, equivalente a 35-55%. Dessa maneira, apenas T4 e T8 mostraram porosidade inadequada, estando os demais tratamentos, apesar de ter ocorrido diminuição na porosidade total, no intervalo adequado para o desenvolvimento do gramado.

Santos (2014) avaliando a compactação de diferentes substratos para o desenvolvimento da grama esmeralda observou que o tratamento composto por solo+matéria orgânica (1:1) apresentou o melhor resultado de Porosidade total (59,67%), e o menor valor de 44,50% foi encontrado por solo+areia (2:1) e ambos se diferem estatisticamente. No presente trabalho T2 composto por solo+areia (1:1) apresentou os menores valores para as três avaliações, já T5 o melhor resultado para 0 dias, e T8 composto de areia+matéria orgânica (1:2) os melhores valores de porosidade total para os 215 e 422 dias após a instalação do gramado.

Os valores médios dos tratamentos para a densidade do substrato nas três avaliações constam da Tabela 5.

Tabela 5 - Valores médios de Densidade dos substratos aos 0, 215 e 422 dias após a implantação do experimento. Ilha Solteira – SP, 2012

Tratamento	Densidade (g/cm ³)		
	Dias após a implantação do experimento		
	0	215	422
T1 – S	1,23 b	1,35 b	1,35 ab
T2 - S+A 1:1	1,49 a	1,53 a	1,46 a
T3 - S+A 2:1	1,50 a	1,33 b	1,41 a
T4 - S+MO 1:1	0,98 c	0,99 de	1,04 de
T5 - S+MO 2:1	0,73 d	1,11 cd	1,10 cd
T6 - S+A+MO 2:1:1	1,16 b	1,24 c	1,19 cd
T7 - S+A+MO 1:1:1	1,22 b	1,23 c	1,22 bc
T8 - A+MO 1:2	0,92 c	0,89 e	0,89 e

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste Tukey. S = solo; A = areia; MO = matéria orgânica.

Nota-se maior diferença entre as médias para as três avaliações; vale ressaltar também que inversamente ao que foi observado para a porosidade total, ocorreu um aumento geral da densidade com exceção dos tratamentos 8 e 3 que apresentaram queda entre a primeira e a segunda avaliação, a terceira avaliação, mostra variações sutis com aumento de T3 e T4, e diminuição para T2, T5, T6 e T7.

Essas variações podem ser observadas na Figura 4 e, comparando esta e a Figuras 3, nota-se que T2 se destaca dos demais tratamentos com os menores valores de porosidade total e com os maiores valores de densidade. É possível observar também o comportamento inverso apresentado por T3 que na Figura 3 apresenta aumento seguido de queda entre as três avaliações, e na Figura 4 apresenta queda seguida de aumento.

USGA (1993) afirma que valores adequados de porosidade total, que permitam um crescimento e desenvolvimento adequado das gramas estão compreendidos entre 0,55-0,35m³/m³ de solo, resultando em um intervalo de densidade de 1,19-1,72 g/m³, portanto, nota-se que os valores de porosidade total e densidade são inversamente proporcionais, e assim os resultados obtidos condizem com o esperado.

Maiores teores de matéria orgânica resultam em densidades do solo mais baixa, como observado no presente trabalho; a matéria orgânica apresenta elevada absorção de água evitando a formação de películas espessas em volta de partículas minerais do solo, diminuindo o efeito lubrificante da água entre elas reduzindo a intensidade da compactação. Uma diminuição dos teores de matéria orgânica dos solos pode ter uma importante influência na sua resposta à aplicação de uma força. Teores elevados de argila e reduzidos de matéria orgânica resultam em níveis elevados de compactação do solo (GONÇALVES; STAPE, 2002).

Brady e Weil (1989) consideram intervalos ideais de densidade valores compreendidos entre 1,3 a 1,6 g/cm³, sendo densidades superiores a 1,7 g/cm³ restritivas crescimento vegetal. Nessas condições, apenas os tratamentos 1, 2 e 3 proporcionariam densidade suficiente para o desenvolvimento do gramado, pelos resultados apresentados nas duas últimas avaliações, já que todos os outros tratamentos apresentam resultados inferiores ao intervalo proposto. Duble (2011) apresenta um intervalo ainda mais restrito para desenvolvimento do gramado, entre 1,4-1,6 g/cm³ e de acordo com este intervalo apenas os tratamentos 1 e 2 estariam hábeis para proporcionar o bom desenvolvimento do gramado. Para Gonçalves e Poggiani (1996) valores de densidade de 0,50g/cm³ são considerados altos para produção de mudas.

Segundo Kiehl (1979), densidade entre 1,0 e 1,2g/cm³ é ideal para solos argilosos, sendo que, em T1, composto unicamente de solo encontra-se acima desse valor citado, e, entre os demais tratamentos T4, T5 e T6 estariam dentro deste intervalo, porém são compostos por solo e matéria orgânica, e solo, areia e matéria orgânica.

Carribeiro (2010) trabalhando com potencial de água no solo e níveis de compactação para o cultivo de grama esmeralda, conclui que intervalos entre 1,39 e 1,49 g cm⁻³ proporcionam bom desenvolvimento de gramados, onde no presente trabalho apenas T2 e T3, para as três datas avaliadas estão dentro do intervalo proposto. Santos (2014) trabalhando com diferentes substratos para desenvolvimento da grama esmeralda, encontrou intervalo de densidade entre 0,99 a 1,46 g cm⁻³, valores próximos aos encontrados na Tabela 5.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os substratos compostos por matéria orgânica obtiveram os melhores resultados nas análises físicas, destacando o Tratamento 8 (Areia+Matéria Orgânica 1:2) que apresentou excelentes valores de macro, micro, porosidade total e densidade dos substratos, tanto antes, quanto após a instalação da grama-esmeralda, mostrando assim que o uso de misturas de componentes de substratos pode ser uma excelente alternativa para diminuir a compactação e proporcionar um bom desenvolvimento ao longo da vida de gramados ornamentais.

REFERÊNCIAS

- ALI HARIVANDI, M. **Turfgrass traffic and compaction: problems and solutions**. Berkeley: University of Califórnia, Agriculture and Natural Resources, 2002. Disponível em: <<http://ucanr.org/freepubs/docs/8080.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2012.
- ARRUDA, R. L. B. **Gramados**. São Paulo: Europa, 1997. (Itograss).

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; FONSECA, I. C. B. Efeito do lodo de esgoto em propriedades físicas de um Latossolo Vermelho eutroférico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 65-70, jan./mar. 2007.

BAVER, L. D. **Soil physics**. California: J. Wiley & Sons, 1956.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Natureza e propriedade dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bookman, 1989.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Causas da compactação do solo**. 2006. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

_____. **Compactação do solo e do desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Alleoni, 1997.

CAMILOTTI, F. et al. Atributos físicos de um latossolo cultivado com cana-de-açúcar após aplicações de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, set./dez. 2006.

CAMPOS, F. S.; ALVES, M. C. Uso de lodo de esgoto na reestruturação de solo degradado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1389-1397, 2008.

CARRIBEIRO, L. S. **Potencial de água no solo e níveis de compactação para o cultivo de grama esmeralda**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

CARROW, R. N. **Soil compaction**. Manhattan: Golf COUSE Management, 1981.

CORSINI, C. A.; ZANOBIA, D. Conservação de áreas com cobertura vegetal e limpeza em rodovias. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 2003. (1 CD-ROM).

DUBLE, R. **Turfgrass rootzones**. 2011. Disponível em: <<http://www.turfdiag.com/turfgrassrootzones.htm>>. Acesso em: 11 nov. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006.

FERMINO, M. H. **Métodos de análises para caracterização física de substratos para plantas**. 2003. 104 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, D. F. **SISVAR**. Sistema de análise de variância para dados balanceados. Lavras: UFLA, 2000.

- GODOY, L. J. G. **Adubação nitrogenada para produção de tapetes da grama Sto. Agostinho e Esmeralda**. 2005. 106 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- GODOY, L. J. G.; VILAS BÔAS, R. L. Nutrição de gramados. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS – SIGRA, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Departamento de Recursos Naturais, 2003. (1 CD-ROM).
- GONÇALVES, J. L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóia. **Resumos...** Piracicaba: Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. (1 CD-Rom).
- GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2002.
- GROSS, C. M.; ANGLE, J. S.; WELTERLE N, M. S. Nutrient and sediments losses from rgrass. **Journal of Environmental Quality**, v. 19, p. 663-668, 1990.
- GURGEL, R. G. A. Principais espécies e variedades de grama. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS – SIGRA: produção, implantação e manutenção, 1., 2003, Botucatu. **Anais...** Botucatu: FCA/UNESP, 2003. (1 CD-ROM).
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicação da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1493-1500, jul. 2000.
- KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relação solo-água-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979.
- LOPES, J. L. W. et al. Atributos químicos e físicos de dois substratos para produção de mudas de eucalipto. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 4, p. 358-367, out./dez. 2008.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais do Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2001.
- MARCHINI, D. C. et al. **Porosidade de um latossolo vermelho degradado por construção de usina hidrelétrica**. Disponível em: <http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_33093430810.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- OLIVEIRA, M. R. de. **Aplicação de escória de aciaria e calcário no solo e desenvolvimento do primeiro ciclo da grama bermuda**. 2012. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.
- RAIJ, B. Van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987.
- SANTOS, P. L. F. **Influência da compactação e da adubação de diferentes substratos no desenvolvimento da grama esmeralda**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.

SANTOS, A. J. M. et al. Implementos para descompactação do solo na produção de gramas. In: SIMPÓSIO SOBRE GRAMADOS, 6., 2012, Botucatu. **Anais...** Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2012. p. 100-110.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 20, p. 113-117, 1997.

TRENHOLM, L. E.; UNRUH, J. B. New and not so new lawn grasses for Florida. **University of Florida Digital Collections**, 2006. Disponível em: <<http://ufdc.ufl.edu/IR00001764/00001>>. Acesso em: 22 nov. 2013.

USGA. Recommendations for a method of putting green construction. **USGA Green Section Staff**, v. 31, n. 2, p. 1-33, 1993.