

## ESTRUTURA DE BIOENGENHARIA DE SOLO APLICADA A TRILHAS DE MOBILIDADE EM UMA ÁREA VERDE URBANA

ADMILSON ÍRIO RIBEIRO<sup>1</sup>, JÚLIA KOURY FERREIRA<sup>2</sup>, REGINA M. LONGO<sup>3</sup>,  
GERSON de A. MEDEIROS<sup>4</sup>, ANDRÉ H. ROSA<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Professor Doutor ICT UNESP Sorocaba [admilson@sorocaba.unesp.br](mailto:admilson@sorocaba.unesp.br)

<sup>2</sup> Engenheira Ambiental ICT UNESP Sorocaba [juliakouryferreira@gmail.com](mailto:juliakouryferreira@gmail.com)

<sup>3</sup> Professora Doutora. CEATEC PUC Campinas [rmlongo@uol.com.br](mailto:rmlongo@uol.com.br)

<sup>4</sup> Professor doutor. ICT UNESP Sorocaba [gerson@sorocaba.unesp.br](mailto:gerson@sorocaba.unesp.br)

<sup>5</sup> Professor Doutor ICT UNESP Sorocaba [ahrosa@sorocaba.unesp.br](mailto:ahrosa@sorocaba.unesp.br)

Apresentado no  
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017  
30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** A bioengenharia de solos vem sendo muito utilizada em projetos em que há a necessidade de intervenções ligadas aos processos biológicos do meio ambiente como em áreas de preservação, praças e parque urbanos. No entanto, pouco se discute sobre a durabilidade das estruturas ou formas de avaliação do seu estado de conservação. Assim este trabalho teve como objetivo avaliar a condição de uma estrutura de bioengenharia de solo utilizada na constituição da trilha de uma área verde urbana. A área de estudo está localizada no Município de Campinas-SP e consiste numa praça, cujo sistema de trilhas foi projetado por uma estrutura de bioengenharia. Dessa maneira, utilizando-se de uma matriz de avaliação foi feita a análise em campo de dez parâmetros segundo critérios de magnitude e significância em cinco pontos amostrais para cada tratamento definido. A partir das notas obtidas calculou-se o Índice de Eficiência Global dos tratamentos indicando quais deles estavam mais conservados. Os resultados indicaram que no geral a estrutura encontra-se em bom estado de conservação mesmo sem manutenção. Os tratamentos definidos mostraram-se mais bem conservado em relação a sua funcionalidade social definida como a mobilidade quando comparado com a conservação de seus elementos construtivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** bioengenharia de solo; mobilidade; elementos construtivos; áreas verdes.

## SOIL BIOENGINEERING STRUCTURE APPLIED TO MOBILITY TRAILS IN AN URBAN GREEN AREA

**ABSTRACT:** Soil bioengineering has been widely used in projects where there is a need for interventions linked to the biological processes of the environment such as preservation areas, squares and urban parks. However, little is discussed about the durability of structures or ways of assessing their conservation status. Thus, this work aimed to evaluate the condition of a soil bioengineering structure used in the constitution of an urban green area. The study area is located in the city of Campinas-SP and consists of a square, whose track system was designed by a bioengineering structure. Thus, using an evaluation matrix, the field analysis of ten parameters was performed according to magnitude and significance criteria in five sample points for each defined treatment. From the obtained scores the Global Efficiency Index of the treatments was calculated indicating which of them were more conserved. The results indicated that in general the structure is in good condition even without maintenance. The defined treatments were better preserved in relation to their social functionality defined as mobility when compared to the conservation of their constructive elements.

**KEYWORDS:** soil bioengineering; mobility; constructive elements; green area

## **INTRODUÇÃO**

Num contexto em que a expansão urbana ainda ocorre com bastante intensidade torna se fundamental criar e manter áreas verdes de qualidade que atendam tanto às necessidades ecológicas quanto sociais do ambiente urbano ou rural em que estão inseridas.

Dessa maneira, áreas como parques e praças deveriam ser planejadas de forma a interferir o mínimo possível no seu ecossistema que está inserido, ou seja, sem a utilização de pavimentações ou estruturas que impermeabilizem o solo. Entretanto existe a necessidade que esses espaços sejam acessados pela população, havendo a necessidade de instalação de caminhos e trilhas que possam prover a mobilidade no local. Nessa inserção, estruturas que ajudem a conter os processos erosivos e/ou estruturas de drenagem são necessárias a fim de conservar o solo dessas áreas verdes. Nesse contexto, a bioengenharia de solos, ou engenharia naturalística, vem sendo muito utilizada para suprir entre outras, necessidades as intervenções com menos ruptura aos processos naturais, permitindo a manutenção de alguns serviços ambientais.

A bioengenharia consiste em técnicas que visam geralmente a estabilização e o controle de processos erosivos principalmente em taludes, podendo ser aplicada também em encostas, margens de rios, sistemas de trilhas, aterros sanitários e áreas mineradas, dentre outros. Para isso são utilizadas combinações de materiais inertes (concreto, pedras, madeira, geotêxteis, entre outros) e vegetais, cujas raízes e troncos agem na contenção e proteção do solo (OLIVEIRA et al, 2012).

Ainda que apresentem uma série de vantagens, entre elas até o baixo custo em relação a obras de engenharia tradicionais, muito se questiona ainda sobre a eficácia e durabilidade dessas estruturas. Quanto a eficácia, encontra-se alguma literatura que se propõe a responder essa questão (GRAY, D. H. & SOTIR R. B;1996), (KABASHIMA, Y., 2011). No entanto há uma escassez de trabalhos que tratem sobre a durabilidade das estruturas ou formas de avaliação do seu estado de conservação. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a condição de uma estrutura de bioengenharia de solo utilizada na constituição de uma trilha numa praça denotada como área verde urbana.

Assim este trabalho teve como objetivo avaliar a condição de uma estrutura de bioengenharia de solo utilizada na constituição da trilha de uma área verde urbana. A área de estudo está localizada no Município de Campinas-SP e consiste numa praça, cujo sistema de trilhas foi projetado por uma estrutura de bioengenharia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A área de estudo situa-se em torno da coordenada de latitude S 22°46'32.94" e longitude O 47° 05'33.03", sendo uma praça chamada Monsenhor Francisco de Assis Marques de Almeida com uma área de 1,3 ha no município de Campinas São Paulo. Essa praça foi criada em meio a um loteamento residencial próxima a um lago, ao Ribeirão Anhumas, algumas áreas agrícolas e alguns fragmentos florestais, como pode ser observado na figura 2.



FIGURA1: Limite do Município de Campinas (A), limite do distrito de Barão Geraldo (B) e detalhe da localização da área de estudo no quadro C.

### ***Estrutura de bioengenharia: descrição construtiva***

A estrutura de bioengenharia, objeto de estudo deste trabalho e a qual constitui a trilha, tem aproximadamente entre 5 e 6 anos de construção com 715 metros de extensão. A estrutura é formada por pedrisco, tapetes de grama esmeralda, toras de eucalipto tratado e vergalhões. As toras de eucalipto têm entre 8 e 10 cm de diâmetro e aproximadamente 2,30 m de comprimento, estão enfileiradas uma em sequência da outra nas laterais da área de pisoteio da trilha de forma a criar uma espécie de borda para a mesma. Esses eucaliptos foram fixados ao solo utilizando-se pedaços de vergalhões de 3\8 de polegada e 20 cm de comprimento. Entre essas bordas de eucalipto, na zona de pisoteio, foi aplicada uma camada de brita/cascalho nº1. Na FIGURA 2 e 3 observa-se disposição e a forma de instalação dos elementos construtivos da trilha.

FIGURA 2: Esquema ilustrando os elementos construtivos da estrutura

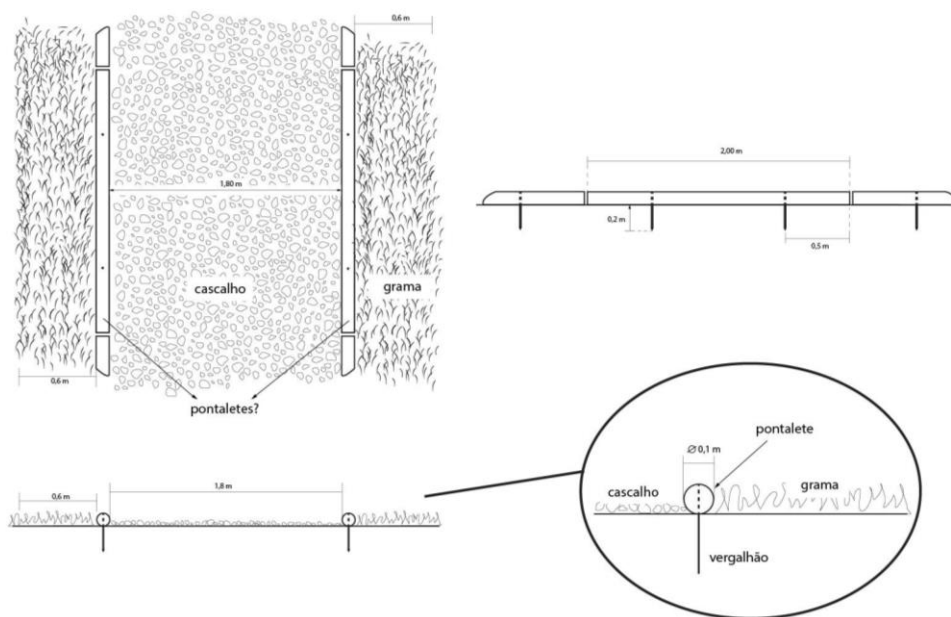


FIGURA 3: Foto da estrutura de bioengenharia de solo e elementos construtivos



### ***Definição dos tratamentos***

Para sistematização do estudo foram definidas duas condições: uma relativa ao desempenho físico da estrutura e outro associado a própria função social. A condição física referiu-se ao estado de conservação dos elementos construtivos que constituem o projeto da trilha. O desempenho da função social referiu-se ao fato da trilha estar promovendo acessibilidade e mobilidade de forma adequada ao público que frequenta a praça.

Para essa avaliação optou-se pela utilização de uma matriz adaptada da metodologia de análise de impacto ambiental proposta por Ribeiro *et al* (2012). Primeiramente as trilhas foram divididas em dez tratamentos distintos usando como referência o sentido do declive do terreno do ponto mais alto para o mais baixo. Os tratamentos foram definidos como: transversal um, dois e três (T1, T2 e T3), morro abaixo um, dois, três e quatro (MA1, MA2, MA3 e MA4), diagonal um (D1), rotatória um (R1) e semicírculo um (SC1). Em cada um desses trechos foram escolhidos cinco pontos amostrais, somando um total de 50 pontos de observação. Em cada ponto analisou-se o estado de toda a secção transversal ao longo do comprimento de uma tora com 2,3 m de comprimento.

### ***Parâmetros avaliados dentro dos tratamentos.***

#### **- Componente do meio físico:**

- deslocamento: verificar se alguma parte da estrutura foi retirada da posição original de instalação.
- deformação: verificar se a forma do material constitutivo da estrutura sofreu alguma alteração
- fragmentação: verificar se algum dos elementos construtivos da estrutura sofreu fissuramento ou partiu-se em pedaços.
- decomposição: verificar se algum dos elementos construtivos da estrutura apresenta sinais de podridão causada por ação biológica de agentes decompositores (verificado visualmente e por auscultação, caso as toras estivessem ocas).
- deslocamento de material (erosão): verificar se no trecho houve perda ou ganho de material devido ao transporte de sedimentos.

#### **- Componente biótico:**

- espécie invasora: verificar a existência de espécies invasoras em alguma parte da estrutura.

- tapete de amortecimento: verificar a ausência do tapete de amortecimento junto às toras (tapetes de grama).
- fauna urbana: verificar a presença de fauna urbana (cachorros, gatos, entre outros) no local e interações que esses possam ter com a estrutura.
- macrofauna de solo: verificar a presença de formigas, cupins, entre outros na estrutura.

#### - Componente antrópico

- ação antrópica: verificar a ocorrência de alguma ação antrópica direta na estrutura como atos de vandalismo ou depredação.

Durante a avaliação em campo, foram atribuídas notas para esses parâmetros, em relação a critérios de magnitude e significância. A escolha desses critérios baseia-se no trabalho de RIBEIRO *et al* (2012) em que são utilizados critérios de magnitude (sentido de grau, extensão ou escala) e importância (sentido de significância).

Considerou-se que a magnitude referia-se ao quanto a alteração provocada pelo parâmetro compromete a estrutura no tempo, refletindo o estado de conservação ou degradação dos elementos construtivos. Para esse critério foram atribuídos notas da seguinte forma (TABELA 1):

TABELA1: Notas para a ponderação do critério: **magnitude**.

Nota	Diferencial semântico
1	alteração compromete a estrutura
3	alteração compromete parcialmente a estrutura
5	não existe alteração aparente ou que comprometa a estrutura

Considerou-se que a significância é determinada por quanto o parâmetro pode afetar a funcionalidade da estrutura, ou seja o quanto ele afeta a mobilidade na trilha, e para ela foram atribuídos notas da seguinte forma (TABELA 2):

TABELA 2: Notas para a ponderação do critério: **significância**.

Nota	Diferencial semântico
1	não permite mobilidade
3	permite mobilidade parcial
5	não altera a mobilidade ou não foi detectado

Como cada ponto amostral foi avaliado dez parâmetros diferentes, as notas a eles atribuídas foram somadas de modo que cada critério pode assumir uma nota variando de 10 a 50(critérios e ponderações). A soma das notas obtidas em todos os pontos de cada tratamento possuía uma variação de 100 a 500.

Assim pode-se estabelecer o índice de eficiência global da estrutura que reflete o estado de conservação da sua parte física e de sua funcionalidade, sendo este dado pela relação entre a nota obtida em cada tratamento e a nota máxima que estes poderiam obter:

$$IEG = (N \setminus N_{max}) * 100$$

Onde:

*IEG* - índice de eficiência global

*N* - nota final obtida na matriz para cada tratamento

*N<sub>max</sub>* - nota máxima que o tratamento pode assumir nesse caso 500.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de feita a avaliação dos cinquenta pontos amostrais em campo, atribuindo notas ponderais a percepção foi possível gerar matrizes dos trechos, sendo uma matriz para cada tratamento. Assim foram elaborados tabelas e gráficos e uma análise estatística descritiva dos dados.

A TABELA 3 indica as notas (N) que cada tratamento obteve e seu respectivo índice de eficiência global (IEG). Nota-se que todos os tratamentos obtiveram um alto IEG, sendo que apenas um deles foi menor que 90%, ou seja, o estado de conservação da parte física da estrutura no geral é bom, e também não há comprometimento significativo de suas funções.

TABELA 3: Resultado das notas obtidas em cada tratamento e seus respectivos Índices de Eficiência Global.

Tratamentos	Notas (N)	IEG (%)
T1	462	92,4
T2	446	89,2
T3	476	95,2
MA1	474	94,8
MA2	478	95,6
MA3	458	91,6
MA4	482	96,4
D1	462	92,4
R1	464	92,8
SC1	478	95,6

Fonte: Representação de autoria própria (2016).

Considerando a pouca elucidação da tabela para análise visual dos dados foi elaborado um gráfico do índice de eficiência global conforme a FIGURA 4

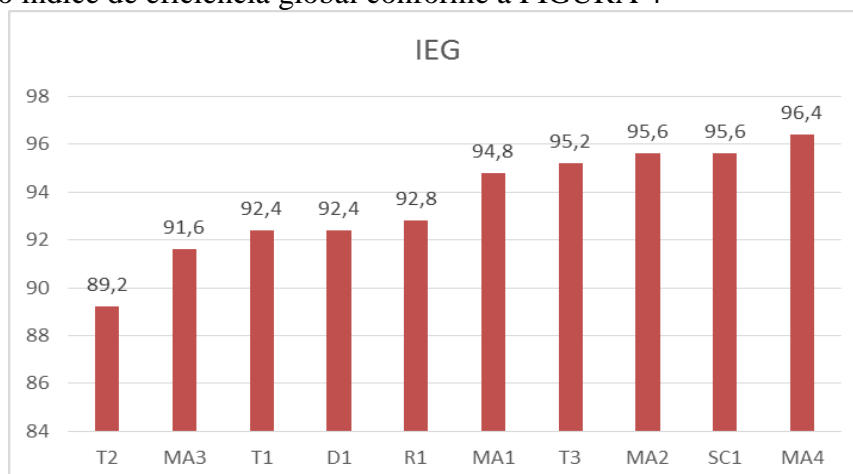


FIGURA 4: Gráfico comparando o índice de Eficiência Global dos tratamentos.

Trecho transversal um, dois e três (T1, T2 e T3), trecho morro abaixo um, dois, três e quatro (MA1, MA2, MA3 e MA4), trecho diagonal um (D1), trecho rotatória um (R1) e trecho semicírculo um (SC1).

Pelo análise FIGURA 4 observa-se que os trechos com maior IEG são aqueles que se encontram na face sul da praça (MA2, MA4, SC1), enquanto que dentre os trechos com menor IEG tem-se MA3 e R1 (tratamentos da face norte da praça), as transversais T2 e T1 e a diagonal D1. A face leste da praça foi a de maior elevação, apresentando um desnível de 14m com a face oeste. No entanto também há uma declividade no terreno no sentido da face sul

para face norte. Dessa forma, possivelmente o fluxo do escoamento superficial concentre-se no sentido noroeste do terreno, contribuindo para a maior degradação (erosão) dos tratamentos MA3 e R1. Isso, pois, cada seguimento ao longo de uma vertente recebe o escoamento proveniente de áreas mais altas, de modo que quanto mais longa a rampa e quanto maior a inclinação do terreno, mais intenso e veloz será o fluxo superficial de água. Assim, ao chegar às partes mais baixas da área, a enxurrada apresentará uma maior força erosiva conforme exposto por (GUERRA et al, 1996). No trecho R1 concentra os fluxos provenientes de MA1, D1 e T2 que escoam em direção a MA3, um dos trechos mais degradados.

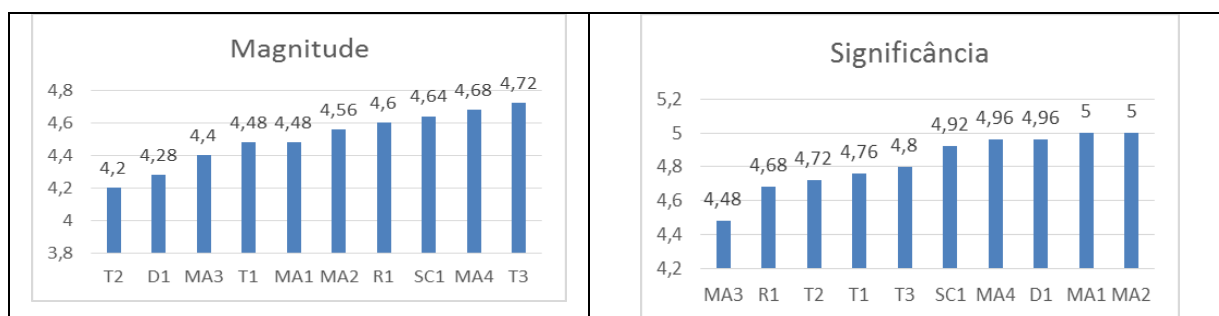
Para identificar melhor a influência de cada critério de avaliação nos tratamentos foi realizado a média das notas dos dez parâmetros e a análise estatística descritiva dos dados. Os resultados encontram-se na TABELA 4 e nos gráficos da FIGURA 5.

Tabela 4: Resultados da análise estatística feita em cima das notas dos critérios de cada tratamento.

Critérios	Estatísticas	Tratamentos									
		T1	T2	T3	MA1	MA2	MA3	MA4	D1	R1	SC1
Magnitude	Média	4,48	4,20	4,72	4,48	4,56	4,40	4,68	4,28	4,60	4,64
	Mediana	4,40	4,20	4,80	4,40	4,60	4,40	4,60	4,20	4,60	4,60
	Maior Valor	4,40	4,60	4,80	4,80	4,80	4,60	5,00	4,80	4,60	5,00
	Menor Valor	4,60	3,60	4,60	4,40	4,40	4,20	4,40	3,80	4,60	4,20
	D. Padrão	0,05	0,37	0,11	0,18	0,17	0,14	0,23	0,36	0,00	0,30
Significância	Média	4,76	4,72	4,80	5,00	5,00	4,48	4,96	4,96	4,68	4,92
	Mediana	4,80	4,80	4,80	5,00	5,00	4,40	5,00	5,00	4,80	5,00
	Maior Valor	4,60	4,80	4,80	5,00	5,00	4,80	4,80	5,00	4,80	5,00
	Menor Valor	4,80	4,60	4,80	5,00	5,00	4,20	5,00	4,80	4,40	4,80
	D. Padrão	0,04	0,11	0,00	0,00	0,00	0,23	0,09	0,09	0,18	0,11

Trecho transversal um, dois e três (T1, T2 e T3), trecho morro abaixo um, dois, três e quatro (MA1, MA2, MA3 e MA4), trecho diagonal um (D1), trecho rotatória um (R1) e trecho semicírculo um (SC1).

FIGURA 5: Médias das notas que cada tratamento recebeu para os critérios de magnitude e significância



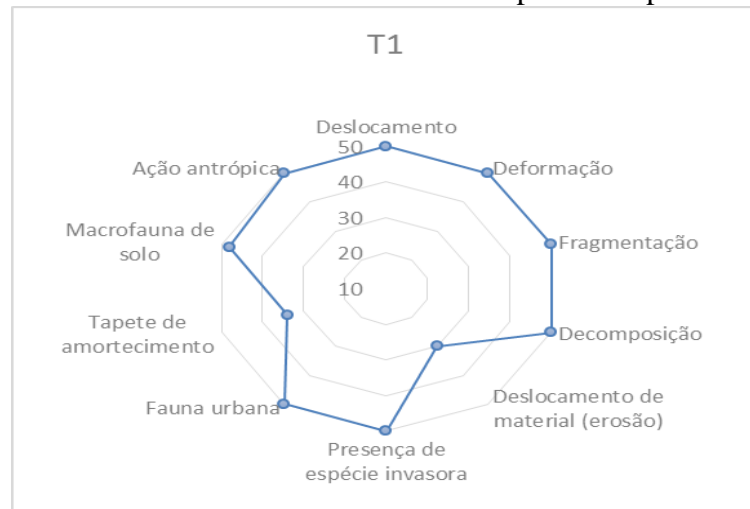
Trecho transversal um, dois e três (T1, T2 e T3), trecho morro abaixo um, dois, três e quatro (MA1, MA2, MA3 e MA4), trecho diagonal um (D1), trecho rotatória um (R1) e trecho semicírculo um (SC1).

Observa-se que a estrutura obteve notas maiores para a significância do que para magnitude, indicando que os elementos construtivos foram mais afetados do que a função de mobilidade em si. T3 foi o trecho cuja estrutura estava mais conservada, enquanto que T2 foi o tratamento cuja estrutura estava mais degradada. MA2 manteve a melhor condição de mobilidade, em oposição a MA3 e R1 que mostraram-se áreas de mobilidade mais precária.

Analisando os tratamentos individualmente foi possível visualizar qual critério e qual parâmetro tiveram mais influência em seu estado. Para isso foram feitos gráficos que

pudessem comparar as notas obtida nos pontos amostrais de cada trecho, no que se refere a magnitude e a significância dentro de cada trecho (linha coluna). Assim, foi possível detectar qual parâmetro mais afetou a estrutura no trecho em análise. Conforme a FIGURA 6:

FIGURA 6 - Gráfico de notas trecho T1 para cada parâmetro.



Por meio da FIGURA 6 observa-se que a ausência de tapete de amortecimento e deslocamento de material devido a processo erosivo foram os parâmetros que mais influenciaram o trecho T1. Considerando que esse tratamento fica numa área mais alta do terreno da praça, onde o fluxo de água não adquiriu muita velocidade ainda, é provável que o carreamento do solo seja consequência da ausência ou mesmo da presença insipiente de tapete de amortecimento. Esse trecho caracteriza-se por ser bastante sombreado, prejudicando o desenvolvimento da grama no tapete. Assim para cada trecho foi desenvolvido esse tipo de análise.

## CONCLUSÕES

Com a metodologia aplicada e os resultados obtidos foi possível avaliar a estrutura, que no geral se encontra em bom estado de conservação tanto de sua parte física, ou seja, seus elementos construtivos, quanto de sua função social, ou seja, a promoção de mobilidade adequada para os usuários da trilha. Nesse cenário, se considerado o fato de que a estrutura não recebe manutenção desde sua implantação.

Os tratamentos com maior Índice de Eficiência Global (IEG) e, portanto os trechos com melhor estado de conservação foram MA2, MA4 e SC1, localizados na face sul da praça. Já os tratamentos de menor IEG, os mais degradados, foram MA3 e R1, localizados na face norte da praça, as transversais T2 e T1 e a diagonal D1.

Em relação ao critério de magnitude, ou seja, a condição física da estrutura o trecho T3 apresenta-se mais bem conservado. O trecho T2 que apresentou maior degradação de seus elementos construtivos. Para o critério de significância, ou seja, a condição de mobilidade da trilha, o trecho MA2 mostrou-se a mais conservado dentre os tratamentos, e o trecho MA3 foi o mais comprometido. No entanto, os tratamentos mostraram-se mais bem conservado em relação a mobilidade do que seus elementos construtivos.

Os parâmetros que mais afetaram os tratamentos foram a presença ou ausência do tapete de amortecimento e o deslocamento de material, indicando que a estrutura não é tão eficiente na redução dos processos erosivos.

## REFERÊNCIAS

COUTO L. Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil. Boletim Técnico: CBCN, nº 001, ISSN: 2177-305X. Viçosa – MG, 2010.

GRAY, D. H. & SOTIR R. B. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control. 1.ed. Canada, John Wiley & Sons, 1996. 378p.

GUERRA, A.J.T.; BOTELHO, R.G.M. Características e Propriedades dos solos Relevantes para os Estudos Pedológicos e análise dos Processos Erosivos. Anuário do Instituto de Geociências. v.19. 1996. Disponível em: <<http://ppegeo.igc.usp.br/pdf/anigeo/v19/v19a08.pdf>>. Acesso em: 04 de março de 2016.

KABASHIMA, Y. Fatores de degradação Ambiental e Elementos Construtivos na Avaliação e Monitoramento de Escadas no Percurso de trilhas do Parque Estadual Turístico da Alto do Ribeira. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-02082011-133202/pt-br.php>>. Acesso em: 15 de março de 2016

OLIVEIRA, C. M. M.; PORTO CARRERO, H.; CAMPOS, T. M. P.; ANDRADE, A. G., 2012. Análise da estabilidade de um talude de corte submetido a técnicas de bioengenharia. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/951876>>. Acessado em: 05/09/2015.

PEREIRA, A. R. Controle e Recuperação de Processos Erosivos com Técnicas de Bioengenharia. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7, 2001, Goiânia. Anais... 11p. Disponível em:< [http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio\\_erosao/articles/t074.pdf](http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/t074.pdf)>. Acesso em: 15 de março de 2016.

RIBEIRO, A.I., PERUSSO, F.C. MEDEIROS, G. A, LONGO, R.M. Proposta de Diagnóstico Ambiental de uma Área Degradada no Parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha-SP In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO, 2012.

TRENTO, L. M., RIBEIRO, A. I., SOLERA, M. L., PIOVEZAN, J. V. G., LOURENÇO, R. W., Sementes de braquiária e soja perene aderidas em faixa de juta (*Corchorus capsularis*) para contenção de taludes na cidade de Sorocaba, São Paulo. In Congresso de Meio Ambiente Poços de Caldas 2013.