



Análise da utilização de resíduos de corte de granito em consórcio com macrófitas aquáticas na recuperação de áreas degradadas por mineração de argila vermelha

Rogério Pires Santos¹
Geraldo Antônio Reichert²

¹Instituto Federal de Educação Sul-rio-grandense - IFSUL/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (rogerio.santos@camaqua.ifsul.edu.br)

²Universidade de Caxias do Sul-UCS (gareichert@cpovo.net)

Resumo

Atividades de mineração proporcionam a geração de diversos impactos ambientais negativos, agravando-se quando as áreas resultam degradadas sem a devida recuperação. Uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas por mineração é a rochagem, a qual consiste na remineralização de solos pobres ou degradados por meio da adição de fragmentos ou materiais particulados oriundos da cominuição de rochas. O presente trabalho objetivou verificar os efeitos da rochagem com resíduos de corte de granito consorciados com macrófita *Eichhornia crassipes* sobre um Planosolo Háplico Solódico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se *Paspalum notatum* e Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) como indicadores. Foram realizadas análises do solo, determinação da composição química de *E. crassipes*, de massa e comprimento das gramíneas. Os resultados indicam que o consórcio de resíduos promoveu melhoria nas condições química e biológica do solo favorecendo o crescimento das gramíneas e elevação na taxa de colonização de FMA nos tratamentos com maior dosagem de resíduos.

Palavras-chave: Rochagem. *Eichhornia crassipes*. Impactos ambientais.

Área Temática: 13 – Recuperação de áreas degradadas.

Analysis of the use of waste from cut of granite in consortry with aquatic macrophytes in the recovery of areas degraded by red clay mining

*Mining activities provide the generation of several negative environmental impacts, worsening when areas are degraded without proper recovery. An alternative for the recovery of degraded areas by mining is rock, which consists of the remineralization of poor or degraded soils through the addition of fragments or particulates derived from the comminution of rocks. The present work aimed to verify the effects of the rock with granite cutting residues consortium with macrophyte *Eichhornia crassipes* on a Planosol Haplic Solodic. The experiment was conducted in a greenhouse using *Paspalum notatum* and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) as indicators. Soil analysis, determination of chemical composition of *E. crassipes*, mass and length of grasses were carried out. The results indicate that the consortium of residues improved the chemical and biological conditions of the soil favoring the growth of the grasses and elevation in the rate of colonization of AMF in the treatments with greater dosage of residues.*

*Key-words: Rocking. *Eichhornia crassipes*. Environmental impacts.*

Theme Area: 13 - Recovery of degraded areas.



1. Introdução

Atividades de mineração proporcionam a geração de diversos impactos ambientais negativos, agravando-se quando as áreas resultam degradadas sem a devida recuperação. Uma alternativa para a recuperação de áreas degradadas por mineração é a rochagem, pois segundo Leonardos *et al.* (1976), proporciona a diversificação de fontes de nutrientes, promovendo novas condições de suprimento de minerais, com a incorporação de rochas e/ou minerais ao solo. Neste sentido, Wang *et al.* (2000), na condução de experimento com a cultura de arroz realizado na China, relacionaram o crescimento de algumas plantas com a oferta de potássio proveniente da aplicação da técnica de rochagem a partir de gnaiss, concluindo que a presença de potássio influenciou no crescimento da cultura de arroz e que o crescimento das plantas se mostrava mais expressivo nas porções onde a fração granulométrica mais fina era dominante.

No entanto, para que a remineralização seja mais efetiva há necessidade de incorporar ao solo degradado uma fonte de matéria orgânica. A utilização de resíduos vegetais, como o de macrófitas aquáticas, tem apresentado bons resultados (MALAVOLTA, 1989).

A macrófita aquática flutuante *E. crassipes* apresenta vasta distribuição geográfica, sendo considerada planta daninha. Essa macrófita pode acarretar problemas aos usos múltiplos de recursos hídricos (CAMARGO *et al.*, 2003; MARTINS *et al.*, 2003). Porém, macrófitas aquáticas têm sido utilizadas com sucesso no tratamento de efluentes urbanos e de aquicultura (HENRY-SILVA, 2001). Assim, existe um reduzido aproveitamento da biomassa vegetal, a qual pode ser produzida nesses sistemas de tratamento, onde as plantas necessitam ser retiradas periodicamente para aperfeiçoar a remoção de nutrientes, sendo uma excelente fonte de matéria orgânica a ser consorciada a fontes minerais em processos de recuperação de áreas degradadas, solucionando o problema de destinação final de dois tipos de resíduos.

Ao considerar-se a recuperação de áreas degradadas, importante salientar que solos tropicais minerais, em geral possuem de 2 a 6% de sua massa entre 0 e 20 cm de profundidade constituída de matéria orgânica (STRECK *et al.*, 2008). No entanto, a influência da matéria orgânica sobre as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos vai muito além desse montante (BRADY, 1989).

Em recuperação de áreas degradadas no Brasil geralmente utiliza-se o processo de revegetação, considerando a sucessão ecológica do ambiente.

Assim, para efeitos de sucessão ecológica, o recomendado é seguir um processo de sucessão mais próximo do natural com a revegetação de gramíneas e herbáceas, preferencialmente nativas, e após a colonização com espécies arbóreas pioneiras proporcionando condições de restabelecimento para as secundárias iniciais, tardias e espécies clímax.

2. Objetivo

O presente trabalho objetivou verificar os efeitos da rochagem com resíduos de corte de granito (marmoraria) consorciado com macrófita aquática aguapé (*Eichhornia crassipes*) sobre aspectos físicos, químicos e microbiológicos de um subsolo de área degradada por mineração de argila vermelha, tendo como indicador a avaliação da taxa de colonização por Fungos Micorrizos Arbusculares e o crescimento do capim pensacola (*Paspalum notatum*).

3. Metodologia

O experimento foi conduzido em casa de vegetação a partir de amostra de Planosolo Háptico Solódico proveniente de área de mineração de argila vermelha no município de



Cristal, RS. Estabeleceram-se três tratamentos: solo de área amostral e resíduos de corte de granito (8, 16 e 32 t ha⁻¹), combinado com 8 t ha⁻¹ de aguapé (*Eichhornia crassipes*), além de um tratamento adicional com solo da área amostral preservado, todos com três repetições. O resíduo de corte de granito (RCG) foi coletado em marmoraria. *E. crassipes* foi coletado em um lago artificial em Nova Petrópolis, RS. Todos resíduos foram secos ao ar e as macrófitas moídas em moinho de facas para ter, ao final, o diâmetro de 0,05 mm. A espécie vegetal utilizada como indicadora foi o capim pensacola (*Paspalum notatum*). A gramínea foi cultivada em vasos de poliestireno com capacidade para 3 kg de substrato, em agosto de 2016 e irrigados sempre que necessário, sendo mantidos em casa de vegetação. As plantas foram avaliadas quanto ao crescimento, após 90 dias de plantio (altura (cm.), massa de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular (g.)). A análise do RCG foi baseada em Fluorescência de Raios X (FRX) e de tecido vegetal para composição química. A taxa de colonização de Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) foi estimada pelo método de placa quadriculada (GIOVANETTI & MOSSE, 1980). As análises estatísticas constaram da comparação de médias entre os tratamentos (ANOVA) e teste de Tukey a 95% de significância.

4. Resultados e discussão

Após a coleta de exemplares da macrófita aquática *E. crassipes* foi encaminhado amostra das mesmas para Laboratório de Química e fertilidade de Solos da Universidade de Caxias do Sul-UCS, onde foram determinadas as concentrações de micro e macro nutrientes presentes no tecido foliar, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Constituição química da macrófita aquática *E. crassipes*

Macronutrientes		Micronutrientes	
	g/kg		mg/kg
N	23,8	Zn	141,9
P	10,2	Cu	29,1
K	54,8	Mn	54,0
Ca	11,6	Fe	120,7
Mg	3,0	B	30,4
S	2,5		

Determinação a partir de metodologia proposta por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997), sendo P, K, Na, Cu, Zn, Ca, Mg, S, Fe determinados por digestão nítrico-perclórica, B determinado por calcinação e N determinado por digestão sulfúrica.

O resultado da análise foliar de *E. crassipes* apresentou-se de acordo com o encontrado por outros autores (MALAVOLTA, 1989; SCHNEIDER, 1995; HENRY-SILVA, 2001), sendo as macrófitas aquáticas excelentes fontes de minerais de importância agrícola.

Destaca-se o elevado teor de potássio, o qual é um nutriente que na forma livre regula e participa de muitos processos essenciais tais como fotossíntese, abertura e fechamento, de estômatos, absorção de água do solo, atividades enzimáticas, formação de amido e síntese protéica, além de contribuir para a resistência ao acamamento de gramíneas.

4.1 Caracterização dos resíduos de marmoraria

A análise dos resíduos de marmoraria foi baseada em resultados obtidos por diferentes autores a partir da análise de fluorescência de raios X (FRX).

Os resultados da caracterização química conforme diferentes autores podem ser visualizados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Caracterização química de amostras de resíduos de corte de granito por FRX segundo diferentes autores

Teor (%)	Calmon <i>et al.</i> (1997)	Gonçalves (2000)	Moreira <i>et al.</i> (2002)
SiO ₂	59,95	59,62	65,95
Fe ₂ O ₃	6,05	9,49	7,89
Al ₂ O ₃	10,28	12,77	12,84
CaO	6,51	4,83	3,01
MgO	3,25	1,96	1,47
K ₂ O	4,48	5,30	4,19
TiO ₂	0,92	---	0,93
SO ₃	---	0,03	---
Na ₂ O	3,39	2,72	2,39

Fonte: Adaptado de Moura, Gonçalves e Leite (2002).

4.2 Caracterização físico-química e biológica do substrato produzido

À medida que foi elevada a dosagem de resíduos de corte de granito, houve maior disponibilidade de Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺ nos diferentes tratamentos, com exceção do Mg para tratamento com 8 t ha⁻¹ e para K no tratamento com 32 t ha⁻¹. A lixiviação pode ter contribuído para o menor teor de potássio (Tabelas 3 e 4), como descrito por Werle, Garcia e Rosolem (2008) que em experimento descreveram aumento na lixiviação do potássio em solos com maior teor de argila e quantidades maiores de potássio disponíveis via adubação.

Tabela 3: Parâmetros físicos e químicos do solo para amostra controle e diferentes tratamentos com resíduos de corte de granito e macrófita aquática *E. crassipes* considerando saturação por bases

Tratamento	Cmol _c /dm ³					Saturação (%)		% m/v			
	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	CTC efetiva	Al	Bases	Índice SMP	MO	Argila
Controle	5,2	3,2	2,2	1,3	9,7	6,9	18,8	36,8	5,3	1,9	47
8 t ha ⁻¹	5,3	3,6	1,4	0,5	6,9	6,0	0,5	44,5	5,6	2,1	39
16 t ha ⁻¹	5,6	4,0	2,2	0,3	5,5	7,0	0,3	55,1	5,8	2,2	39
32 t ha ⁻¹	5,7	4,3	2,3	0,2	4,9	7,3	0,2	59,0	5,9	2,2	41

Na Tabela 4 podem-se observar os parâmetros químicos para amostra controle e diferentes tratamentos com resíduos de corte de granito e macrófita aquática *E. crassipes*.

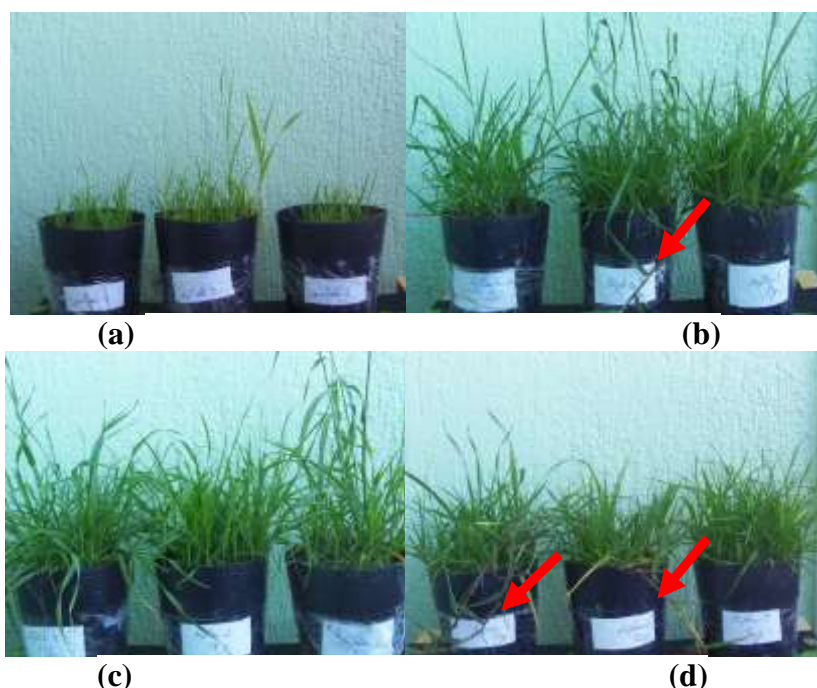
Tabela 4: Parâmetros químicos do solo para amostra controle e diferentes tratamentos com resíduos de corte de granito e macrófita aquática *E. crassipes* considerando saturação por bases

Tratamento	mg/dm ³			Cmol _c /dm ³		mg/dm ³					
	S	P	K	CTC	pH 7	K	Cu	Zn	B	Mn	Na
Controle	2,3	1,9	0,235	15,3	92	1,4	1,0	0,4	27,1	36,0	
8 t ha ⁻¹	12,1	11,8	0,512	12,4	200,0	2,2	3,2	0,4	26,0	>15,0	
16 t ha ⁻¹	12,3	18,0	0,527	12,2	206,0	3,7	3,7	0,4	28,0	>15,0	
32 t ha ⁻¹	13,1	20,6	0,486	12,0	190,0	5,6	4,9	0,5	31,0	>15,0	



O maior aporte de nutrientes favoreceu o crescimento das gramíneas, conforme Figura 1, onde é possível visualizar os estágios de desenvolvimento das gramíneas durante o experimento para os diferentes tratamentos e controle, com destaque para o tratamento com 32 t ha^{-1} , inclusive com desenvolvimento de estolões.

Figura 1: Estágio final de crescimento de unidades amostrais com plantio de gramínea *Paspalum notatum* em casa de vegetação após 90 dias de cultivo. Em detalhe: formação de estolões



Tratamentos (resíduo de corte de granito nas diferentes dosagens consorciado com 8 t ha^{-1} de *E. Crassipes*): a: controle; b: 8 t ha^{-1} ; c: 16 t ha^{-1} ; d: 32 t ha^{-1} .

Referente à matéria orgânica (MO), a adição do resíduo de macrófitas aquáticas proporcionou melhoria no teor da mesma (de 1,9 % para 2,2 %). A adição de MO proporciona melhores condições para o desenvolvimento de vida microbiana no solo. Se houver condições favoráveis à sobrevivência de bactérias e fungos, formam-se ácidos húmicos. Esses ácidos têm um importante papel na formação de grumos e macroporos responsáveis por tornar o solo poroso e facilitar a entrada de ar e água.

A matéria orgânica não é essencialmente um fertilizante em forma orgânica, mas sim um condicionador biofísico do solo que recupera sua porosidade. Desta forma, por possuir baixa densidade em relação aos minerais, reduz a densidade aparente do solo.

Quando a matéria orgânica for humificada trará mais benefícios, aumentando a capacidade de troca de cátions do solo (Tabela 4) e o poder tampão. Entre os diversos tipos de substâncias orgânicas, somente o húmus consegue influir nas propriedades químicas do solo, embora os resíduos vegetais durante sua decomposição tenham influência maior sobre a física do solo. Assim, o efeito da matéria orgânica depende de um manejo adequado sendo necessário que seja aplicada superficialmente e não em profundidade.

Os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S são conhecidos como nutrientes principais e são absorvidos pelas plantas em maior proporção que os micronutrientes B, Zn, Cu, Fe, Mo, Cl e Mn, que são conhecidos como elementos traço. Ambos são constituintes dos minerais que dão origem aos solos, e da matéria orgânica do substrato onde as plantas crescem, encontrando-se também dissolvida na solução do solo. No entanto, um ou vários nutrientes podem estar ausentes no solo ou em uma forma que as raízes não conseguem absorver. Para



torná-los disponíveis, o solo deve ser adequadamente manejado. Entretanto, quando os nutrientes estão ausentes é necessário repô-los.

Assim, a capacidade de troca de cátions dos solos (CTC) representa a graduação da capacidade de liberação de vários nutrientes, favorecendo a manutenção da fertilidade por um prolongado período e reduzindo ou evitando a ocorrência de efeitos tóxicos da aplicação de fertilizantes.

Quanto ao magnésio, a menor concentração observada em relação ao controle (Tabela 3) pode ser determinada pela lixiviação, o que pode ter contribuído para menor concentração, pois a disponibilidade do nutriente via macrófita, estima-se ter resultado uma contribuição similar em todos tratamentos, dado a dosagem utilizada em cada tratamento, sendo o oposto quanto dosagem em relação a resíduos de corte de granito, o qual pode ter contribuído para maior disponibilidade nos demais tratamentos.

Entretanto, referente ao magnésio, no tratamento com 8 t ha^{-1} , este pode determinar a diminuição da CTC efetiva do tratamento em relação ao controle, no entanto o crescimento radicular, foliar e de massa seca foi consideravelmente superior, bem como o indicador saturação por bases, o qual é determinante na fertilidade do solo.

Neste sentido, pode-se afirmar que à medida que a dosagem de resíduos de corte de granito foi elevada, a maior parte da CTC do solo foi ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , podendo-se afirmar que esse é um substrato com boas condições para a nutrição das plantas em oposição a grande parte da CTC ocupada por cátions potencialmente tóxicos como H^{+} e Al^{3+} , na amostra controle, o que pode ser considerado como indicador de um solo pobre em nutrientes.

Os resultados para H^{+} e Al^{3+} apresentaram-se positivos em relação ao controle, em todos tratamentos, havendo a neutralização do Al^{3+} tóxico para plantas, o que corrobora resultados obtidos por Pavinato e Rosolem (2008), pois em solos que recebem resíduos de origem vegetal normalmente, o Ca e o Mg aumentam em solução, quando o pH é menor que 6,0. Assim, pode-se afirmar que provavelmente houve complexação com ânions orgânicos, tornando o alumínio não tóxico para as plantas (PAVINATO e RO SOLEM, 2008), o que pode diminuir o efeito ácido do alumínio proveniente de rochas vulcânicas ácidas.

Desta forma, segundo Ronquim (2010) solos com valor baixo de CTC indicam que há pequena capacidade para retenção de cátions em forma trocável; nesse caso, não se devem fazer as adubações e calagens em grandes quantidades de uma só vez, mas sim de forma parcelada para que se evitem maiores perdas por lixiviação.

No mesmo sentido, o pH indica a quantidade de íons hidrogênio (H^{+}) que existe no solo. Assim, um solo é ácido quando possui muitos íons H^{+} e poucos íons cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^{+}) adsorvidos em seu complexo coloidal de troca.

O pH fornece indícios das condições químicas gerais do solo. Solos com acidez elevada geralmente apresentam: pobreza em bases (cálcio e magnésio principalmente); elevado teor de alumínio tóxico; excesso de manganês; alta fixação de fósforo nos coloides do solo e deficiência de alguns micronutrientes. O pH do solo é o indicador de uma situação biológico-físico-química e como tal seria enganoso considerar somente os seus efeitos químicos diretos às raízes (RONQUIM, 2010).

O efeito direto da acidez do solo sobre o crescimento e o desenvolvimento dos vegetais manifesta-se por meio da toxidez do alumínio (Al) e/ou do manganês (Mn), constituindo-se em um dos problemas sérios dos solos tropicais. Em solos excessivamente ácidos, o desenvolvimento das plantas é prejudicado pela indisponibilidade de nutrientes essenciais, como fósforo, zinco e ferro que, em geral, complexam-se com substâncias orgânicas ou com outros elementos minerais (HABTE, 1995). Nessas condições, o crescimento das raízes e da parte aérea é reduzido e a quantidade elevada de alumínio trocável no solo atua no sistema radicular das plantas modificando sua anatomia, sugerindo que a



concentração deste elemento limita a habilidade das raízes em absorver muitos dos outros nutrientes (YANG *et al.*, 1996). As células de raízes afetadas pelo Al podem sofrer alterações citológicas, ocasionando paralisação no seu crescimento, pois este mineral interfere no processo de divisão celular principalmente na replicação do DNA (MINOCHA *et al.*, 1992).

No entanto, para se avaliar corretamente a toxidez por alumínio deve-se calcular a sua saturação (m%), a qual nos diferentes tratamentos apresentou melhoria significativa comprovando a redução do potencial tóxico deste elemento no substrato produzido (Tabela 3).

Na Tabela 5 podem-se visualizar os resultados dos crescimentos foliar e radicular médio para diferentes tratamentos e controle, os quais ocorreram de forma diretamente proporcional ao aumento da dosagem de resíduos consorciados.

Tabela 5: Crescimentos foliar e radicular médio nos diferentes tratamentos e controle

Tratamento	Cresc. foliar médio (cm)*	Cresc. radicular médio (cm)*
Controle	10,00 c	3,33 b
8 t.ha ⁻¹	20,30 ab	15,00 a
16t.ha ⁻¹	23,30 a	16,00 a
32t.ha ⁻¹	17,67 b	15,33 a
F	47,733	94,7381
CV%	7,17	8,70

*Média de 3 repetições. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Referente à massa de matéria seca em gramas (Tabela 6) observa-se também um aumento diretamente proporcional à dosagem de resíduos de corte de granito nos diferentes tratamentos em comparação ao controle.

Tabela 6: Massa de matéria seca em gramas nos diferentes tratamentos e controle

Tratamento	Massa (g)*
Controle	1,82 b
8 t ha ⁻¹	4,96 a
16 t ha ⁻¹	5,48 a
32 t ha ⁻¹	6,46 a
F	13,19
CV%	20,44

*Média de 3 repetições .F = Estatística do teste F. CV% = Coeficiente de variação em % . Significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação aos micro e macronutrientes presentes, houve relação significativa com o resíduo de corte de granito, pois a dosagem de resíduos de macrófitas aquáticas fora a mesma (8 t ha⁻¹) em todos tratamentos, sendo assim o aumento na disponibilidade destes elementos não se deve somente ao disponibilizado pelas macrófitas, apesar do tempo relativamente curto, houve indícios de solubilização química e biológica do resíduo de corte de granito o que forneceu as plantas maiores teores de nutrientes favorecendo o crescimento radicular, foliar e massa de matéria seca em relação ao controle. Outro indicador importante da melhoria do substrato produzido é a saturação por bases, que foi maior em todos os tratamentos,



inclusive elevando-se a 59% no tratamento com 32 t ha⁻¹ de resíduos de corte de granito alterando a classificação de solo Distrófico para Eutrófico (Tabela 3).

No mesmo sentido, a análise da taxa de colonização de FMA, mostrou-se significativa e diretamente proporcional à elevação na dosagem de resíduos de corte de granito, sendo fundamentais na absorção de nutrientes (Tabela 7). Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA) são microrganismos que formam associações simbióticas mutualistas com as raízes de vegetais, as quais ocorrem normalmente na natureza.

Tabela 7: Taxa percentual de colonização de FMA

Tratamento	Taxa de colonização FMA em percentual (%)*
Controle	15,66 d
8 t ha ⁻¹	36,30 c
16t ha ⁻¹	78,30 b
32t ha ⁻¹	91,00 a
F	2490
CV%	2,21

*Média de 3 repetições. F = Estatística do teste F. CV% = Coeficiente de variação em % . Significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Uma das vantagens da colonização micorrízica ocorre devido ao aumento da absorção de nutrientes pelas plantas, especialmente dos elementos de baixa mobilidade no solo, como é o caso do fósforo (P), levando ao maior crescimento e produtividade da planta (CLARK, 1997). A alta eficiência das hifas na absorção de P deve-se ao seu menor diâmetro, à maior superfície de contato hifa-solo e também à capacidade de estocar polifosfatos nos vacúolos (MARSCHENER, 1997).

Para Costa *et al.* (2002) o conhecimento atual dos FMA permite fazer generalizações amplas sobre as suas características ecológicas, mas as maneiras pelas quais as micorrizas afetam espécies de plantas e a dinâmica das comunidades, e seu uso, em larga escala, na produção agrícola e na conservação ambiental são grandes desafios, sendo imperioso a discussão em qualquer estudo que aborde a biotecnologia agrícola.

Desta forma, a elevada taxa de colonização de FMA trouxe indícios de uma contribuição positiva e ambientalmente segura no uso dos resíduos consorciados.

5. Conclusões

O consorciamento de resíduos de corte de granito com resíduos de macrófitas aquáticas composta por *E. crassipes* proporcionou aumento no crescimento e na produção de biomassa da gramínea *P. notatum* de forma diretamente proporcional a dosagem de resíduos aplicada e elevação da CTC e saturação por bases no substrato produzido.

O aumento gradual de resíduos de corte de granito, em especial a dosagem de 32 t ha⁻¹ apresentou melhores resultados, elevando inclusive a saturação por bases a 59%, promovendo a reclassificação do solo para Eutrófico (saturação por bases >50%), sendo positivo também para a elevação da taxa de colonização de FMA.

Desta forma, a utilização da rochagem com RCG consorciada com resíduos de macrófitas aquáticas proporcionou solução ambientalmente viável para destinação final de resíduos de diferentes etapas e ciclos produtivos. O consórcio de resíduos favoreceu o



fechamento do ciclo dos resíduos proporcionando alternativa sustentável para etapa de recuperação de áreas degradadas por mineração de argila vermelha, ao gerar condições apropriadas de revegetação com gramínea nativa e promovendo a correta sucessão ecológica, preparatória ao restabelecimento de vegetação superior e consequente êxito no processo de recuperação de áreas degradadas.

Referencias

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 898 p.

CAMARGO, A. F. M.; HENRY-SILVA, G. G.; PEZZATO, M. M. **Crescimento e produção primária de macrófitas aquáticas em zonas litorâneas**. In: HENRY, R. (Ed.) Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos. São Carlos: Fundibio/Rima, 2003. p. 213-232.

CLARK, R.B. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant growth and mineral acquisition at low pH. **Plant Soil**, Dordrecht, v.192, p. 15-22, 1997.

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

GIOVANETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytol.**, 84:489-500, 1980.

HENRY-SILVA, G. G. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal**. 2001. 79 fl. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura em Águas Continentais) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

LEONARDOS, O. H., FYFE, W. S.; KRONBERG, B. I. Rochagem: O método de aumento da fertilidade em solos lixiviados e arenosos. **Anais...** 29 Congr. Brasil. Geol., Belo Horizonte, p. 137-145, 1976.

MALAVOLTA, E. et al.. Sobre a composição mineral do aguapé (*Eichhornia crassipes*) **An.Esalq**, Piracicaba, 46 (parte 1): 155-162, 1989.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; Oliveira, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2ª ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997.

MARSCHENER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Hohenheim: Institute of Plant Nutrition University of Hohenheim, 1997.

MARTINS, D. et al. Caracterização química das plantas aquáticas coletadas no reservatório de Salto Grande (Americana-SP). **Planta Daninha**, v. 21, p. 21-25, 2003. Edição Especial.

MINOCHA, R. et al. Effects of aluminum on DNA synthesis, cellular polyamine, polyamine biosynthetic enzymes and inorganic ions in cell suspension cultures of a woody plant. **Catharauthus roseus**. **Plant Physiol.**, Bethesda, v.85, p.417-424, 1992.



PAVINATO,P.S; ROSOLEM, C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo:decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Rev. Bras. Ciênc. Solo** [online]. 2008, vol.32, n.3, p. 911-920. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32n3/a01v32n3.pdf>>. Acesso em 10 out. 2015.

SCHNEIDER, I.A.H. **Biossorção de metais pesados com a biomassa de macrófitos aquáticos**. Dissertação de Mestrado. Programa de pós graduação em Engenharia de Materiais, Minas e Metalurgia. Porto Alegre: UFRGS, 1995.157 fl.

STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2 ed. Porto Alegre: EMATER-RS, 2009.

TEDESCO, M.J., et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Boletim técnico nº 05, ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995,174p. il.

VIERHEILIG, H.; COUGHLAN, A.P; WYSS,U; PICHE,Y. Inky and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhize fungi. **Applied and environmental microbiology**, v. 64, p. 5004-5007,1998.

YANG, W.Q. The effect of aluminium and media the growth of mycorrhizal and nonmycorrhizal highbush blueberry plantlets. **Plant Soil**, Dordrecht, v.183, p.301- 308, 1996.

WANG, J.G., ZHANG, F. S., ZHANG, X. L.; CAO. Y. P. Release of potassium from Kbearing minerals: Effect of plant roots under P deficiency. In: HINSINGER, P. (edit.) **Nutrient cycling in agroecosystems**. Kluwer Academic Publishers. p. 45-52.2000.