

## DESEMPENHO DE EMISSORES APLICANDO RESÍDUOS FINOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS

**CARLOS MAGNO MULINARIO POLONI<sup>1</sup>; GUSTAVO HADDAD SOUZA VIEIRA<sup>2</sup>;  
JOSÉ JÚLIO GARCIA DE FREITAS<sup>3</sup>; JÉSSICA BROSEGHINI LOSS<sup>4</sup>;  
GUILHERME PETERLE<sup>5</sup> E PAOLA ALFONSA VIEIRA LO MONACO<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>*Estudante de Agronomia, IFES campus Santa Teresa. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: poloniuf@gmail.com*

<sup>2</sup>*Prof. Doutor, IFES campus Santa Teresa. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: ghsvieira@gmail.com*

<sup>3</sup>*Prof. Mestre, IFES campus Santa Teresa. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: jose.freitas@ifes.edu.br*

<sup>4</sup>*Mestre em Produção Vegetal, CCA-UFES, Alegre-ES. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: jessica.blagro@gmail.com*

<sup>5</sup>*Estudante de Agronomia, IFES campus Santa Teresa. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: guilhermepeterle15@gmail.com*

<sup>6</sup>*Profª. Doutora, IFES campus Santa Teresa. Rod ES 080, km 93, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES. CEP 29.660-000. e-mail: paolalomonaco2004@yahoo.com.br.*

### 1 RESUMO

Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o desempenho de diferentes emissores de irrigação localizada, aplicando resíduos finos do beneficiamento de rochas ornamentais. O experimento foi realizado no Ifes *Campus* Santa Teresa e os tratamentos consistiram em cinco diferentes emissores, sendo eles: Tubo gotejador D5000 Flow Regulated Drip Line (G1); Tubo gotejador NaanDanJain (G2); Botão gotejador Irritec (G3); Microspray Amanco roxo (G4) e Microspray Amanco vermelho (G5). Montou-se uma bancada para os testes de vazões, composta de cinco calhas com 12 metros de comprimento cada, para coleta e recirculação da solução utilizada. Os emissores, espaçados a 0,40 m, foram avaliados em 0, 100, 200, 300 e 400 horas de uso contínuo, com quatro repetições. Foi caracterizada a solubilidade e a granulometria do resíduo. Avaliou-se a vazão (Q); o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD); o coeficiente variação de vazão (CVq) e a vazão relativa dos emissores (Qr). Ao final, os emissores G1 e G2 apresentaram os melhores desempenhos, seguidos pelos emissores G3, G5 e G4.

**Palavras-chave:** Entupimento, irrigação localizada, qualidade, uniformidade.

**POLONI, C. M. M.; VIEIRA, G. H. S.; FREITAS, J. J. G.; LOSS, J. B.; PETERLE, G.;  
LO MONACO, P.A.V.**

**EMITTERS PERFORMANCE IN APPLYING SMALL WASTES PARTICLES  
FROM ORNAMENTAL ROCKS**

### 2 ABSTRACT

This work aims to evaluate the performance of different drip irrigation emitters, applying small particles from ornamental rocks processing. The experiment was carried out at the Ifes *Campus*

of Santa Teresa using five different emitters: D5000 Flow Regulated Drip Line (G1); NaanDanJain drip tube (G2); Irritec drip button (G3); Microspray Amanco purple (G4) and Microspray Amanco red (G5). A test bench was set up for the flow tests, composed of five gutters each one of them 12 meters in length, for collection and recirculation of the solution used. The emitters, distributed at every 0.40 m within the gutter, were evaluated for 0, 100, 200, 300 and 400 hours of continuous use, with four repetitions. The solubility and particle size of the waste were characterized. The flow rate (Q); the distribution uniformity coefficient (CUD); the coefficient of flow variation (CVq); and the relative flow of the emitters (Qr) were evaluated. In the end, the emitters G1 and G2 presented the best performances, followed by emitters G3, G5 and G4.

**Keywords:** Clogging, drip irrigation, quality, uniformity.

### 3 INTRODUÇÃO

O setor de rochas ornamentais brasileiro conta com mais de 600 variedades de rochas comercializadas, com aproximadamente 1.600 lavras e 12.000 empresas operando na cadeia produtiva. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais, o setor exportou, durante o período de janeiro a setembro de 2016, o somatório de US\$ de 893,7 milhões, equivalentes a 1.950.420,7 toneladas de rochas (ABIROCHAS, 2016).

Para o corte de chapas de 2 cm de espessura, cerca de 20 a 25% do bloco é transformado em pó, nos teares de fios diamantados, e o rejeito é formado por água e rocha moída. Além da contaminação direta dos aquíferos superficiais, os rejeitos da indústria de rochas ornamentais descaracterizam a paisagem e preocupam as autoridades públicas, órgãos sanitários e a população localizada no entorno das serrarias e áreas da extração (SANTOS et al., 2010).

A utilização dos resíduos de rochas ornamentais na agricultura é uma alternativa para amenizar os impactos ambientais gerados em sua cadeia produtiva, como potencial fonte natural de nutrientes para as plantas. Na agricultura orgânica e agroecológica, aos poucos vem ganhando espaço, sendo utilizado como adubo de cobertura ou em mistura enriquecedora de biofertilizantes naturais.

De acordo com Costa et al. (2010), a dinâmica dos resíduos está intimamente associada à sua granulometria reduzida e à elevada superfície de partícula, sendo que os resíduos se mostram diversificados em relação à composição mineralógica, mas com potencial para serem utilizados como fertilizantes. Seu uso é extremamente benéfico, porém o custo para aplicação manual inviabiliza a operação, uma vez que a quantidade de nutrientes presentes no resíduo é baixa se comparada com os fertilizantes convencionais.

A irrigação localizada pode ser utilizada para a aplicação desses resíduos, dada sua alta uniformidade de aplicação e baixo risco de contaminação (BATISTA et al., 2013), possibilitando o uso parcelado com menor custo de aplicação. No entanto, esses equipamentos possuem alta sensibilidade ao entupimento o que pode inviabilizar seu uso para esse fim (VIEIRA et al., 2004). Nesse sentido, o presente estudo, objetivou avaliar o desempenho de emissores aplicando resíduos finos provenientes dos teares mecanizados no beneficiamento de rochas ornamentais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus* Santa Teresa (latitude 19° 48' S e longitude 40° 41' W), a 130 metros de altitude. Os resíduos provenientes do corte e polimento de granitos e mármore foram coletados em indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais localizadas no município de Cachoeiro de Itapemirim (ES). O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira, o material coletado foi analisado em laboratório, identificando aspectos de interesse para aplicação via irrigação (testes de granulometria e solubilidade). Na segunda etapa, foi construída uma bancada hidráulica de testes para os emissores.

### 4.1 Testes da primeira etapa

**Análise Granulométrica:** Foram pesados 30 g de resíduo seco e posteriormente adicionado 300 mL de água. A fim de desagregar as partículas foi utilizado o *stirrer* durante 5 minutos. A solução dispersa foi transferida para as peneiras de malha 1,00 mm; 0,250 mm; 0,124 mm; 0,08 mm; 0,063 mm e 0,044 mm, sobrepostas da maior para a menor, seguindo de lavagem intensa. Após o término desse procedimento, as peneiras foram separadas e o resíduo retido em cada uma foi acondicionado em cápsulas. Em seguida, as cápsulas foram levadas para estufa de secagem a 105°C permanecendo por 72 horas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988).

**Solubilização:** Para o teste de dissolução foi utilizada uma amostra de 10,1 g do resíduo, sendo transferida para um béquer, seguida da adição de 300 mL de água destilada a 20°C, a fim de solubilizar. Em seguida, a solução foi agitada, observando a presença de precipitação de resíduo. A amostra foi mantida em repouso por 30 minutos em temperatura constante, sendo homogeneizada com intervalos regulares de cinco minutos. Posteriormente, a amostra foi filtrada a vácuo em cadinho de placa porosa (16 a 40 µm), previamente pesado. O béquer em que foi realizada a solubilização foi lavado, para que todo o resíduo precipitado fosse transferido para o cadinho. Por fim, o cadinho com resíduo foi levado à estufa de secagem a 100°C até atingir massa constante e levado ao dessecador, à temperatura ambiente, por 30 minutos. O cálculo da solubilidade foi expresso em gramas por litro de água adicionada e foi realizado por meio da Equação 1 (MAPA, 2013).

$$S = \frac{P - (P_2 - P_1)}{V} \quad (01)$$

Em que: S = solubilidade, em g L<sup>-1</sup>; P = massa total da amostra, em g; P1 = massa do cadinho de vidro, em g; P2 = massa do cadinho mais a parte insolúvel da amostra, após secagem a 105-110°C, em g; V = volume de água a 20 ± 1 °C usado para a solubilização da amostra, em L.

### 4.2 Teste da segunda etapa (desempenho dos emissores)

Na segunda etapa foi avaliado o comportamento hidráulico de diferentes gotejadores, submetidos à aplicação dos resíduos de rochas. Para isso, montou-se uma bancada para os testes de vazões, composta de cinco calhas com 12 metros de comprimento cada, para coleta e recirculação da solução utilizada. Os emissores foram espaçados de 0,40 m entre si na mangueira, totalizando 25 emissores por linha. Cada grupo testado contava com cinco diferentes tipos de emissores, sendo eles: D5000 Flow Regulated Drip Line autocompensante

de 2,1 L h<sup>-1</sup> (G1); Tubo gotejador NaanDanJain de 1,6 L h<sup>-1</sup>(G2); Botão gotejador Irritec de 2,1 L h<sup>-1</sup> (G3); Microspray Amanco roxo de 12 L h<sup>-1</sup> (G4) e Microspray Amanco vermelho de 27 L h<sup>-1</sup> (G5).

O sistema foi alimentado por um conjunto motobomba de 0,5 cv, um reservatório plástico de 1.000 L e um sistema de filtragem por discos de 120 mesh. Foi instalado um ponto de tomada de pressão, monitorado em 100 kPa. Cada agrupamento de emissores foi avaliado em função do tempo de uso, sendo 0, 100, 200, 300 e 400 horas, com quatro repetições, aplicando o resíduo na proporção de 10 kg para cada 500 L de água. Avaliou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) (Equação 2), o coeficiente variação de vazão (CVq) (Equação 3) e vazão relativa dos emissores (Qr) (Equação 4).

$$CUD = \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} 100 \quad (2)$$

Em que: CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição, em %; q<sub>25%</sub> = Média das 25% menores valores de vazões obtidas, em L h<sup>-1</sup>;  $\bar{q}$  = Vazão média dos emissores, em L h<sup>-1</sup>.

$$CVq = \frac{s}{q_m} 100 \quad (3)$$

Em que: CVq = Coeficiente de variação da vazão, em %; S = Desvio padrão da amostra, em L h<sup>-1</sup>; q<sub>m</sub> = Vazão média da amostra, em L h<sup>-1</sup>.

$$Qr = \frac{Q_a}{Q_i} 100 \quad (4)$$

Em que: Qr = Vazão relativa, em %; Q<sub>a</sub> = Vazão real, em L h<sup>-1</sup>; Q<sub>i</sub> = Vazão no início da experiência, em L h<sup>-1</sup>.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os resultados da separação das partículas do resíduo, por diâmetro de abertura da malha de filtragem. No total, 67,54 % da amostra se encontrava com partículas de diâmetro inferior a 0,044 mm. Costa et al. (2010) estudando resíduos do corte e polimento de chapas de granito encontraram valores semelhantes, com partículas de diâmetro inferior a 0,044 mm, representando 68,91% e não foram encontradas partículas minerais de diâmetro superior a 1,00 mm, indicando que o material pode apresentar uma grande capacidade de reatividade no solo e rápida mineralização.

**Tabela 1.** Resultados da análise granulométrica.

Abertura (mm)	Massa (g)	%	Acumulado (%)
1	0	0	0
0,25	0,165	0,54967	0,54967
0,124	2,065	6,87921	7,42888
0,08	1,758	5,85649	13,2854
0,063	2,079	6,92584	20,2112
0,044	3,676	12,246	32,4572
Fundo	20,275	67,5428	100
Total	30,018		

Na análise de solubilidade do resíduo (Tabela 2), observa-se que para cada litro de água, pode-se solubilizar 0,501 g. Apesar do diâmetro das partículas serem inferiores a 0,044 mm, conferindo grande capacidade reativa no solo, esse material apresentou baixa solubilidade em água.

**Tabela 2.** Resultado da análise de solubilidade.

Massa do Filtro	Massa do Filtro + Resíduo	Massa do Resíduo
96,635	106,4947	10,01
Solubilidade (g L <sup>-1</sup> )		0,501

Na Figura 1 observa-se o interior dos tubos gotejadores D5000 Flow Regulated Drip Line (G1), NaanDanJain (G2) e do botão gotejador Irritec (G3), após 400 horas de operação. O resíduo não provocou acúmulo de material no interior dos labirintos, além de não apresentar crescimento de biofilme.

**Figura 1.** Gotejadores após 400 horas de operação, G1 D5000 Flow Regulated Drip Line autocompensante; G2 Tubo gotejador NaanDanJain; G3 Botão gotejador Irritec.

Na Tabela 3, são apresentados os valores de vazão média, em L h<sup>-1</sup>. Os emissores G1 e G2 demonstraram maior resistência ao entupimento ao longo do tempo de operação, sendo que

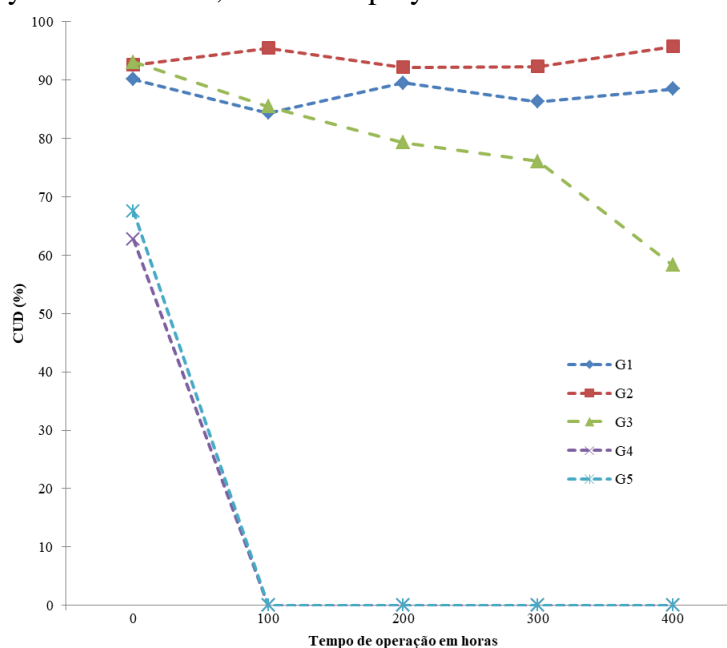
mesmo após as 400 horas de uso, suas vazões médias se mantiveram estáveis. Os emissores G3 se mantiveram estáveis até 300 horas, já os emissores Microspray Amanco roxo (G4) e Microspray Amanco vermelho (G5), após 100 horas de operação, apresentaram expressiva redução da vazão média.

**Tabela 3.** Vazão média em L h<sup>-1</sup> dos emissores ao longo do tempo de operação, em horas.

Tempo de operação	G1	G2	G3	G4	G5
0	2,36	1,62	2,34	11,70	23,32
100	2,18	1,59	2,17	3,83	14,10
200	2,26	1,58	2,12	3,19	11,33
300	2,26	1,63	2,12	3,19	10,90
400	2,22	1,52	1,93	2,58	9,25

Na Figura 2 estão apresentados os valores dos coeficientes de uniformidade de distribuição (CUD). Para 0 horas, o desempenho dos emissores G1, G2, G3, G4 e G5 foram 90,1%; 92,5%; 93%; 62,6% e 67,4%, respectivamente. Valores de CUD acima de 90% são classificados como excelentes e valores entre 60% a 70%, são classificados como pobres (MERRIAM; KELLER, 1978).

**Figura 2.** Valores de médios do coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD%) em função do tempo de operação. G1 D5000 Flow Regulated Drip Line autocompensante; G2 Tubo gotejador NaanDanJain; G3 Botão gotejador Irritec; G4 Microspray Amanco roxo ; G5 Microspray Amanco vermelho.



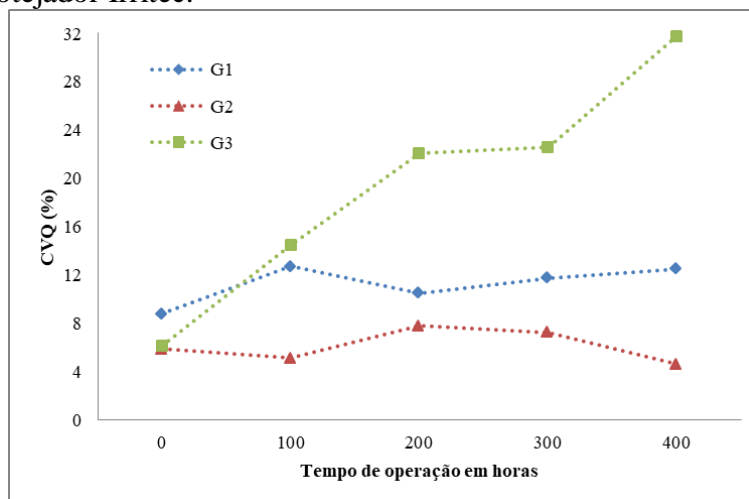
Fonte: Autor

Durante o tempo de operação, o CUD dos emissores G1 foi superior a 80% e ao final das 400 horas foi 88,4%, classificado, portanto, como bom. O CUD dos emissores G2 se manteve com valores acima de 90%, apresentando, ao final das 400 horas, CUD igual a 95,7%, sendo classificado como excelente. Os emissores G3 apresentaram CUD de 85,4% em até 100

horas de operação, de 200 a 300 horas 79,2% e 76%, respectivamente, e ao final de 400 horas 58,2%, classificados como bom, regular e inaceitável, respectivamente. Os emissores G4 e G5 após 100 horas de operação já se encontravam com valores de CUD iguais a 0%, valores esses considerados inaceitáveis.

Para classificar quanto ao coeficiente de variação de vazão (CVq) em sistemas de irrigação localizada, a Asabe (2008) define que valores menores que 5% são excelentes; 5 a 7% médios, 7 a 10% baixos, 10 a 15% marginais e maiores do que 15%, inaceitáveis. Para os emissores G1, o valor inicial de CVq foi de 8,7% e ao final do tempo de operação foi de 12,5% (Figura 3), esses valores são considerados médio e baixo, respectivamente. Nos emissores G2, o valor inicial foi de 5,8% e ao final 4,5%. Houve ao longo do tempo de operação a redução da variação da vazão, mostrando que inicialmente eram classificados como médio e, ao final, excelente. Os emissores G3 inicialmente apresentaram CVq igual a 6,1% e, ao final, 31,7%, classificados como médio e inaceitável. Pelos elevados índices de variação de vazão dos emissores G4 e G5, não foram apresentados seus comportamentos junto aos demais emissores.

**Figura 3.** Valores médios do coeficiente de variação de vazão (CVq) dos emissores G1 D5000 Flow Regulated Drip Line autocompensante; G2 Tubo gotejador NaanDanJain; G3 Botão gotejador Irritec.



Em relação aos valores da vazão relativa (Qr), que podem ser observados na Tabela 4, os emissores G1 e G2 não apresentaram redução significativa de vazão, com valores médios ao final de 93,97% e 93,86%, respectivamente. Os emissores G3 mantiveram valores de Qr em torno de 90% até às 300 horas de funcionamento e, ao final dos testes, a vazão relativa se mostrou 82,5% da inicial. Já os emissores G4 e G5 mostraram expressiva redução na vazão. Logo após a avaliação inicial os valores de Qr em 100 horas já eram de 32,84% e 60,46% e, ao final, eram de 22,06% e 39,66%, respectivamente.

**Tabela 4.** Valores da vazão relativa (Qr), em função do tempo de operação em horas. G1 D5000 Flow Regulated Drip Line autocompensante; G2 Tubo gotejador NaanDanJain; G3

Botão gotejador Irritec; G4 Microspray Amanco roxo ; G5 Microspray Amanco vermelho.

	Vazão M. Início	Vazão M. 100	Qr (%)	Vazão M. 200	Qr (%)	Vazão M. 300	Qr (%)	Vazão M. 400	Qr (%)
G1	2,36	2,18	92,27	2,26	95,38	2,26	95,53	2,22	93,97
G2	1,62	1,59	98,52	1,58	97,31	1,63	100,43	1,52	93,86
G3	2,34	2,17	92,87	2,12	90,58	2,12	90,74	1,93	82,50
G4	11,70	3,84	32,84	3,19	27,27	3,19	27,27	2,58	22,06
G5	23,32	14,10	60,46	11,33	48,59	10,90	46,77	9,25	39,66

Os emissores G4 e G5, apesar de possuírem maiores vazões e, portanto, maiores diâmetros de passagem da água, apresentaram maior suscetibilidade à obstrução, se comparados aos demais tipos de emissores avaliados. Ambos são caracterizados por não apresentarem nenhum sistema de pré-filtragem interna, como ocorre nos emissores G1, G2 e G3, sendo que o orifício de entrada tem o diâmetro maior que o de saída, com afunilamento da seção de escoamento da água, contribuindo para que partículas em suspensão entrem e se acumulem, obstruindo o emissor.

## 6 CONCLUSÕES

É possível aplicar resíduos de rochas ornamentais através de irrigação localizada. Os tubos gotejadores D5000 Flow Regulated Drip Line e NaanDanJain apresentam melhor desempenho, para tal finalidade;

O botão gotejador Irritec, até 200 horas de operação, apresentou resultados favoráveis;

Os emissores Microspray Amanco roxo e vermelho não são recomendados para aplicação de resíduos de rochas ornamentais, visto que seu desempenho foi insatisfatório.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Ifes, pelo apoio e estrutura cedidos. Ao CNPq, pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

## 8 REFERÊNCIAS

ABIROCHAS – Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais - **Balanco das exportações e importações brasileiras de rochas ornamentais no período janeiro-setembro de 2016**. Disponível em:<<http://www.abirochas.com.br>>. Acesso em: 05 de jun. de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo – Análise Granulométrica**. Rio de Janeiro, 1988. 13 p.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **Design and Installation of Microirrigation Systems**. ASABE STANDARTS, EP 405.1. St. Joseph, 2008.



BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B.; OLIVEIRA, A. F. M.; AZEVEDO, C. A. V. DE; MEDEIROS, S. S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.7, p.698-705, 2013.

COSTA, A. S. V.; HORN, A. H.; DONAGEMMA, G. K. SILVA, M. B. Uso de Resíduo de Granito como Corretivo e Fertilizante de solos Agrícolas. **Geonomos**, v.18, n.1, p. 23-27, 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial, 2013. 87p.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

SANTOS, J. G.; SILVA, S. S. F.; NASCIMENTO, N. M. S.; TRAJANO, M. F.; MELLO, V. S. Caracterização da lama abrasiva gerada nos processos de beneficiamento do granito: um estudo de caso na GRANFUGI localizado em Campina Grande – PB. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30, 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ENEGEP, 2010.

VIEIRA, G. H. S.; Mantovani, Everardo C. ; SILVA, José G. F. da ; Ramos, Márcio M. ; Silva, Cláudio M. . Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n.1, p. 1, 2004.