

# **Utilização de Rejeitos Oriundos do Corte de Rochas Ornamentais na Correção da Acidez e Adubação de Solos Tropicais**

**Ramires Ventura Machado**  
Bolsista de Iniciação Científica, Agronomia, UFES.

**Roberto Carlos da Conceição Ribeiro**  
Orientador, Profº Eng. Químico, D. Sc.

**Felipe Vaz Andrade**  
Co-orientador, Profº Eng. Agrônomo, D. Sc.

## **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a utilização de rejeitos de rochas ornamentais na correção da acidez do solo e na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Foram realizados experimentos de incubação de amostras de solo com os rejeitos, em laboratório, onde amostras de 0,5 dm<sup>3</sup> de solo foram acondicionadas e homogêneas em sacos plásticos onde se realizou a aplicação dos corretivos. E de disponibilidade de nutrientes onde amostras de 10 dm<sup>3</sup> de solo foram acondicionadas em vasos com diferentes doses de rejeitos onde se procedeu o plantio das mudas de café, em casa de vegetação. A partir dos resultados iniciais observados, os rejeitos de mármore e de rocha apresentam potencialidade para serem utilizados como corretivos da acidez do solo, à medida que contribuirão para o aumento de pH nos solos estudados.

## **1. Introdução**

A grande maioria dos solos tropicais brasileiros são Latossolos que mesmo dotados de boas características físicas, apresentam em forma quase generalizada características químicas inadequadas, tais como elevada acidez, altos teores de alumínio trocável e deficiência de nutrientes, especialmente de cálcio, de magnésio e de fósforo. Solos dessa natureza, uma vez corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola, possibilitando melhorias na nutrição da planta, resultando em boas produtividades.

### **1.1. Calagem**

A acidez de um solo consiste na substituição dos cátions básicos do complexo de troca do solo por Al<sup>3+</sup> e H<sup>+</sup>. Os solos podem ser naturalmente ácidos pela pobreza do material de origem desprovido de bases, ou por condições de pedogênese e acúmulo residual de alumínio. A elevada acidez de grande parte dos solos tropicais, em função do elevado intemperismo, condiciona uma alta atividade do alumínio na solução do solo, e uma deficiência de nutrientes. A calagem consiste na aplicação e incorporação de calcário à camada arável do solo, que é a área de maior concentração de raízes, visando à correção da acidez do solo (pH), a neutralização do alumínio, tóxico às plantas, e o incremento nos teores de cálcio e magnésio.

### **1.2. Materiais Corretivos da Acidez do Solo**

Os calcários representam a quase totalidade dos corretivos empregados no Brasil. O Espírito Santo dispõe de grandes jazidas de calcários cristalinos puros e de calcários magnesianos que abastecem praticamente todo o

território capixaba além de estados circunvizinhos. Em solos como nos brasileiros, para que os fertilizantes aplicados tenham maior eficiência, é necessária a correção da acidez do solo, que há muito tempo vem sendo feita com o uso do calcário. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos como o pó oriundo do corte de mármore. A grande quantidade de resíduos oriundos do setor de rochas ornamentais (R.O.) constitui atualmente um sério problema ambiental, com preocupação com o estoque e manejo desses resíduos. Estes ocupam áreas de descarga cada vez maiores, além dos inconvenientes ecológicos, principalmente para o Estado do Espírito Santo que é o maior produtor de R.O. do Brasil, e especificamente para a cidade de Cachoeiro de Itapemirim, que atua como pólo de produção e extração de R.O. Nesse contexto, as atividades agrícolas apresentam reais possibilidades de reciclagem e integração desses subprodutos produzidos pelo setor, desde que os mesmos apresentem características corretivas e/ou fertilizantes e, que não possuam potencial contaminante para o solo ou recursos hídricos.

### 1.3. Rochagem

A rochagem, 'remineralização' e 'pó-de-rocha' ("rock-for-crops") são termos utilizados para designar uma técnica de fertilização natural capaz de contribuir para recompor os nutrientes necessários a produção e associada à qualidade, em solos empobrecidos pelo intemperismo/lixiviação ou pelo uso inadequado e intensivo. É um processo alternativo ou complementar de fertilização, que consiste na adição de pó-de-rocha ('petrofertilizante') para aumentar a fertilidade dos solos, sem afetar o equilíbrio do meio ambiente. A rochagem pode contribuir para a redução no consumo de fertilizantes industriais que exigem grande quantidade de energia para sua fabricação e ser um agente dinamizador de produtividade e qualidade.

## 2. Objetivos

O presente trabalho tem como objetivo estudar a aplicação de rejeitos oriundo do corte de R.O. de serrarias como corretivos da acidez do solo e, ou como fontes de nutrientes para as plantas, contribuindo para a valorização econômica da indústria de rochas ornamentais, transformando rejeitos em subprodutos; E a redução dos impactos ambientais e, simultaneamente dar uma contribuição efetiva aos pequenos e médios produtores agrícolas disponibilizando material fertilizante a baixo custo.

## 3. Experimental

### 3.1. Coleta dos Rejeitos e do Solo

Foram coletadas amostras sub-superficiais (20 - 40 cm) de dois Latossolos (Latosolo Vermelho - LV e Latossolo Vermelho- Amarelo - LVA) coletado na cidade de Alegre - ES. Em Relação aos rejeitos de Rochas ornamentais, trabalhou-se com uma lama abrasiva oriunda do corte de mármore e granitos da região de Cachoeiro do Itapemirim – ES que será denominado de Rejeito de Rocha e com uma lama exclusiva do corte de mármore que será denominada como Rejeito de Mármore.

### 3.2. Caracterização dos Solos e dos Rejeitos

Os solos foram secos ao ar, passados em peneira com malha de 2 mm para a obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), e para os procedimentos de caracterização química e física. Os rejeitos foram secos em estufa sendo posteriormente preparada uma pilha longitudinal, onde foram retiradas frações de 1 kg para as análises. A análise química do rejeito mineral foi realizada pela Coordenação de Análise Minerai (CoAM) do Cetem.

### 3.2.1. Análise Química e Física do Solo e dos Corretivos

As análises químicas e físicas dos solos foram realizadas no Laboratório de Química e no Laboratório de Física do Solo do Centro de Ciências Agrárias da UFES (CCA-UFES), Os corretivos foram analisados no Laboratório de Química do Solo, em relação ao Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Embrapa, (1997).

## 3.3. Montagem e condução dos experimentos

### 3.3.1. Determinação do pH

O experimento seguiu um esquema fatorial 2 x 3 x 5 em que os fatores em estudo foram: dois solos (LV e LVA); três tipos de corretivos (calcário, rejeito de mármore e rejeito de rocha) e cinco doses dos corretivos (0; 30; 60; 90; 100; 120% da necessidade de calagem) com três repetições, totalizando 90 unidades experimentais.

Amostras de 0,5 dm<sup>3</sup> de TFSA do solo foram acondicionadas e homogeneizadas em sacos plásticos onde se realizou a aplicação dos corretivos, sendo as amostras de solo umedecidas até atingir 60% do Volume Total de Poros (VTP). Freire et al., (1980), e incubados durante 30 dias.

Os sacos plásticos foram fechados com barbante, vedando-se o máximo possível para evitar perda de umidade. Decorridas 72 horas após a montagem do experimento, uma sub-amostra de cada saco plástico, contendo cerca de 20 cm<sup>3</sup>, foi retirada e deixada para secar ao ar. Após secas, foram submetidas à medição do pH em água, por meio de um eletrodo combinado. Embrapa, (1997).

Novas amostras foram retiradas ao 3º, 6º, 9º, 12º, 15º, 20º, 25º e 30º dia de incubação para medição do pH, cujos valores geraram a curva de incubação das amostras de solo.

### 3.3.2 Incubação com fósforo

Este experimento seguiu um esquema fatorial 2x2x4 em que os fatores em estudo foram: dois solos (LV e LVA); dois tipos de corretivos (calcário; rejeito de rocha) e quatro doses de fósforo (0; 50; 100; 200 mg dm<sup>-3</sup>), com três repetições. O preparo das amostras foi semelhante ao experimento anterior. Após o período de incubação as amostras de solos foram secas e destorroadas (TFSA) para aplicação das doses de fósforo.

Após a aplicação das doses de fósforo, uma sub-amostra de cada saco plástico, contendo cerca de 20 cm<sup>3</sup>, será retirada uma vez que esse processo de incubação se encontra ainda em processamento e deixada para secar ao ar (TFSA) após 1º, 2º, 4º, 6º, 8º 10º, 15º, 20º, 25º e 30º dias de incubação. Após esses períodos, as sub-amostras de solos serão avaliadas quanto à disponibilidade de P. Embrapa, (1997).

### 3.3.3 Experimento com planta (café)

Este experimento seguiu um esquema fatorial 2x3x5 em que os fatores em estudo foram: dois solos (LV e LVA); dois tipos de corretivo (calcário, rejeito de mármore e rejeito de rocha) e cinco doses dos corretivos (0; 30; 60;

90; 100; 120% da necessidade de calagem), com três repetições. As doses dos corretivos serão determinadas a partir de prévia caracterização química dos materiais.

Amostras de 10 dm<sup>3</sup> de TFSA foram preparadas e incubadas semelhantes ao experimento anterior. Será colocada uma planta de café por vaso, constituindo uma unidade experimental. A adubação (NPK e micronutrientes) será realizada de acordo com as características químicas dos materiais adicionados.

O experimento será conduzido por 150 dias, após o plantio. Ao fim do período (150 dias), as plantas serão coletadas, seccionadas a cerca de 1 cm do solo, e em seguida acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 – 72 oC, quando se determinará o peso da matéria seca (MS). Serão avaliados os seguintes parâmetros: produção de matéria seca da parte aérea, teores de N, P, K, Ca e Mg da parte aérea. Malavolta et al., (1997). Imediatamente após o corte das plantas, o solo de cada vaso será seco ao ar, homogeneizado e passado em peneira de 2 mm, procedendo-se as seguintes análises: pH em água, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio trocável, acidez potencial (H + Al), soma bases trocáveis, CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por bases (V) e por alumínio (Al), argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação, conforme Embrapa (1997), buscando verificar as possíveis variações químicas e físico-químicas que ocorreram nos solos em função dos tratamentos aplicados.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Características Físicas e Químicas do Solo

Os resultados das referentes às diferentes análises físicas e químicas se encontram na Tabela 1.

#### 4.1.1. Análise Granulométrica

Os solos em estudos (LV e LVA) apresentaram a mesma classificação textural, ou seja, textura argilosa. Embrapa, (1999). Com teores das frações areia, silte e argila bem próximos como mostra a Tabela 1., apesar de apresentar características mineralógicas diferentes, refletidas pela cor do solo.

#### 4.1.2. Densidade do Solo e de Partículas

A densidade do solo (Ds) para o LV foi de 1,04 kg dm<sup>-3</sup> e para o LVA de 1,20 kg dm<sup>-3</sup>, sendo que o primeiro (LV) apresentou uma menor Ds, provavelmente devido às menores quantidades de areia em relação ao segundo (LVA). Os resultados de densidade de partículas (Dp) para ambos os solos foi de 2,63 kg dm<sup>-3</sup> (Tabela 1.). Este valor encontra-se próxima à Dp do quartzo, principal componente da fração areia, e do feldspato, importante componente da fração silte, que é 2,65 kg dm<sup>-3</sup>. Esses valores apresentam-se em consonância aos valores da literatura. Reichardt & Timm, (2004).

#### 4.1.3. Análise Química do Solo

Observa-se que os solos estudados (LV e LVA) apresentam uma deficiência dos elementos químicos acentuada, refletindo a condição de formação e intemperismo desses solos. Verifica-se a baixa saturação de bases (V%) e baixa capacidade de troca de cátions (CTC). Ambos os solos apresentam Al trocável em solução, pH baixo,

valores de cálcio e magnésio baixos, além dos demais nutrientes, demonstrando a necessidade de realização de correção de pH e adubação. Prezotti et al., (2007).

Tabela 1. Características físicas e químicas das amostras dos solos.

Característica	LV	LVA	Característica	LV	LVA
Areia grossa (%) <sup>1/</sup>	24,13	35,44	Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>5/</sup>	0,1	0,4
Areia fina (%) <sup>1/</sup>	9,01	13,12	SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>6/</sup>	0,19	2,29
Silte (%) <sup>1/</sup>	9,5	1,73	t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>7/</sup>	0,94	3,03
Argila (%) <sup>1/</sup>	44,4	44,53	H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>8/</sup>	6,2	3,3
Densidade de Partículas	2,63	2,63	T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>9/</sup>	6,36	5,62
Densidade do Solo	1,04	1,20	V (%) <sup>10/</sup>	3,0	40,8
pH-H <sub>2</sub> O <sup>4/</sup>	5,2	4,9	m (%) <sup>11/</sup>	80,6	23,4
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>3/</sup>	0,8	0,7	K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>12/</sup>	16,0	51,0
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>3/</sup>	0,0	1,8	P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>12/</sup>	0,0	10,0

<sup>1/</sup> Método da pipeta; <sup>2/</sup> Método da proveta; <sup>3/</sup> Método do balão volumétrico <sup>4/</sup> Relação solo-água 1: 2,5; <sup>5/</sup> Extrator KCl 1 mol/L; <sup>6/</sup> Soma de bases; <sup>7/</sup> CTC efetiva; <sup>8/</sup> Extrator Ca(Oac)<sub>2</sub> 0,5 mol/L pH 7,0; <sup>9/</sup> CTC a pH 7,0; <sup>10/</sup> Porcentagem de saturação por bases; <sup>11/</sup> porcentagem de saturação por alumínio; <sup>12/</sup> Extrator Mehlich-1; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo.

## 4.2. Análise dos Corretivos

Dentre as características dos corretivos da acidez do solo, a granulometria ou eficiência relativa (ER) e o teor de neutralizantes (Ca e Mg) ou Poder de Neutralização (PN) são as mais importantes. Esses dois parâmetros podem ser englobados num valor único que define a qualidade do corretivo, denominado de Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT). Os resultados de PRNT encontrados para os diferentes tipos de corretivos foram: para o calcário 99,70%; Rejeito de mármore 93,62%; rejeito de rocha 84,99%. Como a granulometria do rejeito de rocha é maior, a sua ER é menor, o que, conseqüentemente, faz com que seu PRNT seja menor, os rejeitos também mostram uma boa quantidade de cálcio, magnésio que são responsáveis pela redução do pH e o silício que ajuda no aumento da disponibilidade de fósforo no solo para as plantas

### 4.2.1. Análise Química dos Rejeitos

Os rejeitos também mostram uma boa quantidade de cálcio, magnésio que são responsáveis pela redução do pH e o silício que ajuda no aumento da disponibilidade de fósforo no solo para as plantas conforme Tabela 2.

Tabela 2. Composição do rejeito de mármore e de rocha.

Corretivo	Composição elementar								total	umidade	Perda ao fogo
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	SrO			
	----- dag kg -----										
Rejeito de mármore	0,17	60,96	0,09	24,48	0,04	2,70	-----	0,02	88,54	0,02	45,25
Rejeito de rocha	2,17	40,10	1,03	12,40	-----	9,50	0,49	-----	0,09	-----	-----

## 4.3. Experimento de incubação (pH)

### 4.3.1. Análise do pH em água

Os valores de pH obtidos a partir de suas determinações mediante ao tipo de corretivo usado na incubação do solo são apresentados Tabela 3. e Tabela 4. Os resultados das análises de incubação mostram uma tendência no aumento do pH com o aumento da dose do corretivo aplicado, já a partir da primeira avaliação (3º dia), independentemente do corretivo utilizado. Percebe-se também que não houve grandes variações do pH em função do tempo de incubação. Entretanto, resultados mais precisos serão obtidos a partir de análises estatísticas feitas ao final do experimento.

Tabela 3. Valores de pH em água dos solos incubados com calcário.

Solo	Nível <sup>1/</sup>	pH H <sub>2</sub> O						
		3º dia	6º dia	9º dia	12º dia	15º dia	20º dia	25º dia
LV	0	4,83	4,67	4,76	4,84	4,72	4,58	4,65
	30	5,33	5,25	5,27	5,44	5,36	5,47	5,26
	60	5,76	5,83	5,79	6,07	5,94	6,02	6,03
	90	6,28	6,19	6,20	6,51	6,32	6,40	6,31
	120	6,91	6,56	6,58	6,75	6,67	6,70	6,72
LVA	0	4,72	4,29	4,17	4,30	4,28	4,19	4,18
	30	4,56	4,49	4,42	4,54	4,57	4,42	4,50
	60	4,83	4,84	4,76	4,78	4,76	4,67	4,67
	90	5,27	5,05	4,96	5,09	5,02	4,99	5,08
	120	5,53	5,52	5,47	5,48	5,55	5,32	5,35

<sup>1/</sup>Níveis dos corretivos % da necessidade de calagem; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo.

Tabela 4. Valores de pH em água dos solos incubadas com rejeito de mármore (RM) e de rocha (RR).

Solo	Nível <sup>1/</sup>	pH H <sub>2</sub> O															
		RM		RR		RM		RR		RM		RR		RM		RR	
		3º dia	6º dia	9º dia	12º dia	15º dia	20º dia	25º dia									
LV	0	4,75	4,75	4,72	4,77	4,70	4,70	4,92	4,89	4,75	4,78	4,67	4,67	4,73	4,70		
	30	5,23	5,29	5,24	5,40	5,24	5,29	5,38	5,49	5,28	5,33	5,35	5,27	5,34	5,37		
	60	6,01	5,74	5,76	5,82	5,78	5,77	5,88	6,04	5,81	6,01	5,84	5,85	5,92	5,90		
	90	6,04	6,00	6,20	6,12	6,08	6,07	6,39	6,23	6,26	6,20	6,46	6,16	6,27	6,21		
	120	6,47	6,32	6,36	6,27	6,45	6,42	6,65	6,56	6,65	6,47	6,59	6,49	6,50	6,64		
LVA	0	4,44	4,37	4,31	4,40	4,22	4,21	4,30	4,27	4,30	4,27	4,17	4,21	4,20	4,20		
	30	4,68	4,61	4,52	4,61	4,52	4,52	4,55	4,56	4,52	4,52	4,43	4,38	4,52	4,45		
	60	4,90	4,95	4,86	4,87	4,61	4,71	4,79	4,78	4,83	4,70	4,68	4,89	4,71	4,66		
	90	5,10	5,11	5,07	5,05	4,95	4,93	5,15	5,14	4,99	4,89	4,91	5,20	5,10	5,03		
	120	5,41	5,49	5,25	5,29	5,14	5,23	5,44	5,36	5,14	5,49	5,18	5,38	5,44	5,33		

<sup>1/</sup>Níveis dos corretivos % da necessidade de calagem; LV: Latossolo Vermelho; LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo.

## 5. Conclusão

Pode-se concluir que, a partir dos resultados iniciais observados, os rejeitos de mármore e de rocha apresentam potencialidade para serem utilizados como corretivos da acidez do solo, à medida que contribuíram para o aumento de pH nos solos estudados, e também da possibilidade de se trabalhar a quantidade de silício apresentada nas análises do rejeito de rochas no aumento da disponibilidade de fósforo para o solo.

## 6. Referências Bibliográficas

ALVAREZ, H. V.; MELLO, J. W. V.; DIAS, L. E. **Acidez e Calagem do solo. Curso de Fertilidade e Manejo do Solo** - ABEAS. Apostila.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Ministério da Agricultura e do abastecimento: Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

FREIRE, J.C.; RIBEIRO, M.A.V.; BAHIA, V.G.; LOPES, A.S.; AQUINO, L.H. de. **Resposta do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras, MG**. R. Bras. Ci. Solo, v.4, p.5-8, 1980.

J. B. SILVA; D. HOTZAL; A. M. SEGADÃES; W. ACCHAR - **Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas**, Cerâmica vol. 51 nº 320 São Paulo Oct./Dec. 2005.

LOPES, A. S. **Manual de Fertilidade do Solo** - Tradução e adaptação de Alfredo Scheid Lopes. São Paulo, ANDA/POTAFOS, 1989.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. São Paulo, SP. Editora Agronômica Ceres, 5ª edição, 1989. 292p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478p.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADATO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.