

## RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA PELA MINERAÇÃO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE CALAGEM E GESSAGEM

**Adriano Lopes Machado<sup>1</sup>, Eleasar Carlos Ribeiro Junior<sup>2</sup>, Roseane Flávia da Silva<sup>3</sup>,  
Maria Regina de Aquino-Silva<sup>4</sup>, Eduardo Jorge de Brito Bastos<sup>5</sup>**

UNIVAP/Engenharia Ambiental, [adriano2\\_lm2@yahoo.com.br](mailto:adriano2_lm2@yahoo.com.br)<sup>1</sup>, [eleasaribeiro@yahoo.com.br](mailto:eleasaribeiro@yahoo.com.br)<sup>2</sup>,  
[roseane\\_sil@hotmail.com](mailto:roseane_sil@hotmail.com)<sup>3</sup>.

UNIVAP/Faculdade de Engenharias Arquitetura e Urbanismo, [mregina@univap.br](mailto:mregina@univap.br)<sup>4</sup>; [ebbastos@univap.br](mailto:ebbastos@univap.br)<sup>5</sup>

**Resumo-** O processo de mineração de areia para a construção civil é muito importante para o desenvolvimento econômico e social de um país, porém modifica drasticamente a paisagem causando impactos sobre o solo, subsolo, a água e o ar. Este trabalho tem como objetivo verificar as alterações químicas no solo degradado da área em estudo na Fazenda do Poço após a aplicação de calcário e gesso agrícola. Para possibilitar esse estudo foram feitas coletas de amostras de solo em campo seguindo protocolo e análises laboratoriais antes e após a incorporação dos fertilizantes seguindo técnicas de aplicação. Comparando os resultados obtidos verifica-se que foram consideráveis as alterações nos parâmetros químicos que proporcionam condições para o processo de recuperação da área degradada pela mineração.

**Palavras-chave:** análises laboratoriais, calcário, gesso agrícola.

**Área do Conhecimento:** Engenharia ambiental.

### Introdução

Um dos tipos de exploração de areia mais utilizados é o da cava submersa. Neste processo a areia é retirada de antigos depósitos aluvionares correspondentes às planícies marginais de inundação, localizadas próximo aos rios. Nos anos de 1970 a 1999 a Fazenda Santana do Poço sofreu os impactos ambientais causados pela extração de areia e em 2003 foi adquirida pela Fundação Valeparaibana de Ensino quando se implementou o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) "Conhecer para Conservar" na finalidade de atender obrigações legais na recuperação destes ambientes, e estabelecer a APP no entorno das lagoas resultantes do processo de mineração. Conforme análises de MORAES (2009) na área das cavas os valores de pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, e magnésio mostraram-se deficientes em relação as áreas remanescentes de vegetação do entorno.

Em relação as características do solo da área em estudo propõe-se então um manejo utilizando-se técnicas de aplicação de calcário e de gesso agrícola para correção do solo. A escolha pela aplicação de calcário se deve à facilidade e a viabilidade econômica de se corrigir a acidez do solo notadamente na camada arável. Os materiais corretivos comumente usados na calagem são óxidos, hidróxidos, carbonatos ou silicatos de cálcio e/ou magnésio. Tanto o cálcio como o magnésio são essenciais para as plantas

normalmente em baixa disponibilidade em solos ácidos (NETO et al 2001). Sendo assim outra alternativa é o uso de sais de cálcio mais solúveis que o carbonato do calcário como o gesso, que promove a lixiviação do cálcio abaixo da camada arável aumentando a profundidade do sistema radicular. O gesso agrícola é um subproduto da indústria de fertilizantes com cerca de 20% de cálcio, 15% de enxofre, 0,7% de  $P_2O_5$  e 0,6% de flúor, surge como opção e quando aplicada corretamente se torna eficaz. O presente trabalho teve por objetivo analisar as alterações químicas no solo proporcionadas pela incorporação do calcário e do gesso agrícola e possibilitar a comparação entre as alterações e características que ocorreram.

### Material e Métodos

A área de estudo abrange as coordenadas 23°13' S a 45°57' W, com altitude de 560 m na Fazenda do Poço, Univap/Urbanova (Figura 1).

Para a aplicação da calagem e da gessagem na área de estudo, separou-se duas porções de 9m<sup>2</sup> próximas uma da outra onde na primeira área foi aplicada a calagem T1 (Tratamento 1) e na segunda adicionou-se a calagem e gessagem identificada como área T2 (Tratamento 2).

Os cálculos da quantidade de calagem foram feitos de acordo com o método baseado na Elevação da Saturação por Base.

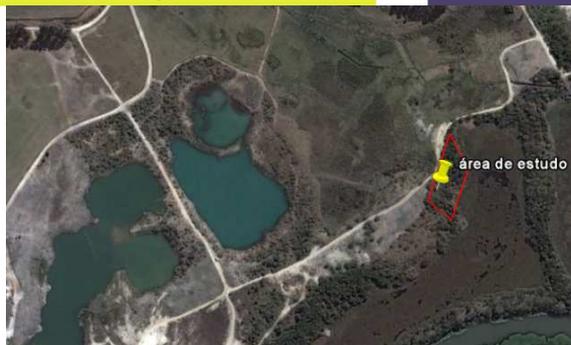


Figura 1 – Vista geral da área de estudo.

Método introduzido no estado de São Paulo em 1983 e baseia-se na elevação da saturação por bases a valores desejados para diferentes espécies vegetais, dada pela fórmula 1.

$$(1) \quad NC \text{ (t/ha)} = (T \cdot (V2 - V1)) / 100$$

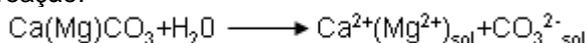
T = valor de CTC potencial ou CTC a pH 7,0 da análise do solo;

V2 = percentagem de saturação por bases desejada de acordo com as recomendações para as condições regionais;

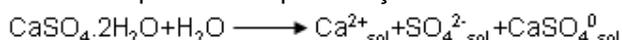
V1 = percentagem de saturação por bases do solo, conforme resultado da análise do solo.

Para V2 será tomado o valor de 30-40% por se tratar de uma área em recuperação sem a necessidade de implantação de alguma cultura que necessite de maior percentual de saturação por base. De acordo com a fórmula 1 e os resultados obtidos na análise do solo a quantidade de calcário necessário para aplicação é de 35,91 t/ha.

O calcário é o corretivo mais indicado e mais utilizado na prática da calagem, sendo simplesmente obtido pela moagem de rochas calcárias cujos constituintes químicos básicos são  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgCO}_3$ . Segundo NETO et al (2001) a ação neutralizante do calcário se deve à seguinte reação:



Sendo assim o ânion acompanhante do cálcio e do magnésio é o responsável pela neutralização, devendo-se destacar a importância de um adequado teor de água no solo para reação do calcário. A solubilidade do gesso é cerca de 178 vezes maior do que a do  $\text{CaCO}_3$  se aproximando de 2,5 g/l, sua solubilidade na camada superficial do solo é representada pela reação:



O gesso é um sal neutro e não tem a capacidade de neutralizar a acidez do solo promovendo a elevação do pH diferentemente do calcário (NETO et al 2001). O uso de sais de cálcio mais solúveis que o carbonato de calcário promove a lixiviação do cálcio abaixo da camada

subsuperficial sendo uma alternativa viável para aumentar o alcance em profundidade do sistema radicular. As parcelas dos tratamentos T1 e T2 foram afofadas com auxílio de uma enxada na camada 0 – 20 cm com intuito de melhorar a incorporação dos corretivos calcário e gesso distribuídos uniformemente a lança. Após 45 dias, realizaram-se a coleta de amostras homogêneas de solo em ambas as áreas de aplicação dos corretivos para obtenção de dados sobre mudanças nas características do solo. Foram coletadas 10 amostras simples em cada área utilizando uma pá reta abrindo um buraco de 20cm caminhando em ziguezague na área. Posteriormente as amostras foram misturadas dentro de um balde de plástico devidamente limpo retirando-se de 300 a 500g de terra, secadas na sombra antes do envio ao laboratório para análises (NETO et al 2001). As duas amostras foram encaminhadas ao Laboratório de análise de solos de Taubaté no dia 17 de maio de 2010. Foram realizadas as determinações dos seguintes parâmetros de macronutrientes: potencial de hidrogênio ( $\text{CaCl}_2$ ), matéria orgânica ( $\text{g/dm}^3$ ), fósforo ( $\text{mg/dm}^3$ ), potássio, cálcio, magnésio, hidrogênio + alumínio, soma de bases e capacidade de troca de cátions ( $\text{mmolc/dm}^3$ ), saturação por bases (%), e parâmetros de micronutrientes boro, cobre, ferro, manganês e zinco ( $\text{mg/dm}^3$ ).

## Resultados

Para a área T1 (Figura 2) aplicou-se a quantidade de 32,3kg de calcário. O calcário encontrado no mercado da região para aplicação foi o calcário dolomítico da marca Agromig composto por 36,40% de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), 14,00% de óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) com PNRT à 85,08%.



Figura 2 - Área T1 com aplicação de calagem.

Para a aplicação da gessagem sugere-se substituir 25% do  $\text{CaO}$  do calcário por  $\text{CaO}$  do gesso nos casos em que a determinação da calagem foi feita pelo método de saturação por bases. Sendo assim, para a área T2 (Figura 3),

foram aplicados 8kg de gesso e 24,3 kg de calcário.



Figura 3 – Área T2 com aplicação de calcário e gesso.

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises de macronutrientes quanto aos teores de cada um dos parâmetros antes e após a aplicação dos corretivos comparando-se com a análise realizada na área de estudo por MORAES (2009). E a Tabela 2 apresenta os resultados dos micronutrientes.

Tabela 1 – Dados da análise de macronutrientes em relação aos tratamentos T1 e T2 e a análise realizada em 2009 para área de estudo.

Macro	Área 2009	Área T1	Área T2	Padrão*
pH	3,8	7,1	6,7	5,1 - 6,0
MO	19	15	17	20,1 - 40,0
P	7	3	16	6,0 - 8,0
K	0,6	0,2	0,2	4,1 - 7,0
Ca	4	150	140	12,1 - 24,0
MG	1	51	34	4,6 - 9,0
H+Al	97	14	17	25,1 - 50,0
SB	5,6	201,2	174,2	18,1 - 36,0
CTC	102,6	215,2	191,2	23,1 - 46,0
V	5	93	91	40,1 - 60,0

\* NETO et al (2001).

Tabela 2 – Dados da análise de micronutrientes em relação aos tratamentos T1 e T2.

Micro	Área T1	Área T2	Padrão*
B	0,02	0,07	0,2 - 0,6
Cu	0,4	0,3	0,2 - 0,8
Fe	35	75	4 - 12
Mn	1,5	3,8	1,2 - 5
Zn	0,3	0,9	0,5 - 1,2

\* NETO et al (2001).

Verifica-se uma grande mudança quanto ao parâmetro de pH em ambas as áreas com uma ligeira diferença entre elas se compararmos à situação inicial. Onde nesta faixa é que ocorre a maior disponibilidade de nutrientes às plantas (NETO et al 2001). O pH do solo representa um

dos fatores que mais influenciam na disponibilidade de nutrientes limitando o crescimento das plantas quando associado a uma baixa concentração especialmente dos nutrientes P, Ca e Mg. Tanto a acidez como a alcalinidade excessiva associadas às concentrações de certos nutrientes podem acarretar em uma drástica redução no crescimento das plantas.

Verifica-se que a acidez potencial H+Al do solo das áreas de estudo que receberam o calcário e o gesso agrícola tiveram uma considerável diminuição refletindo diretamente na modificação do pH do solo. O teor de alumínio quando em excesso representa um dos principais fatores limitantes ao crescimento das plantas devido a sua toxidez. A Figura 4 representa as variações de pH e a Figura 5 apresenta as variações de H+Al comparando o solo com a área 2009.

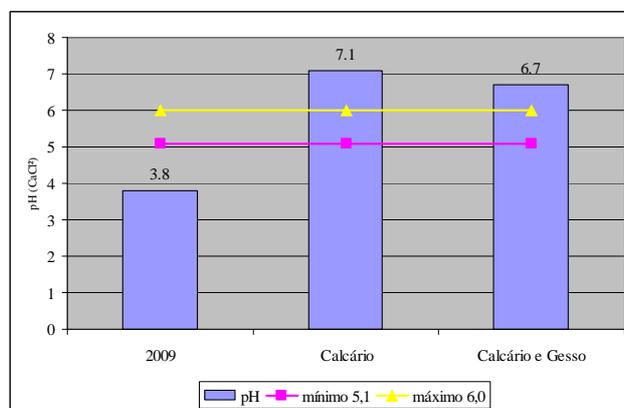


Figura 4 - Variação na concentração do pH.

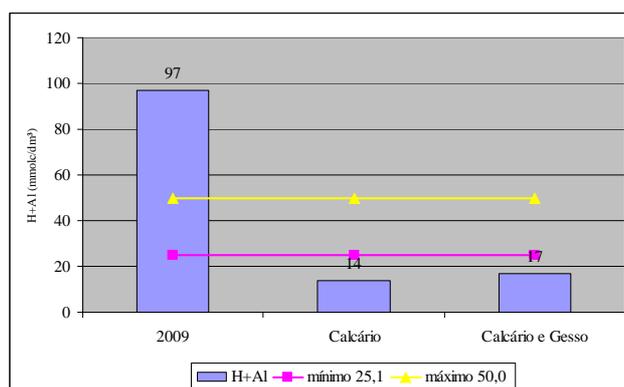


Figura 5 - Variação na concentração de H+ Al.

A capacidade de troca de cátions (CTC) e a soma de bases (SB) são parâmetros diretamente relacionados com a acidez do solo. A CTC representa a capacidade do solo de reter e ceder às plantas cátions de Al, H, Ca, Mg e K. Quanto maior a CTC maior é a quantidade desses cátions que o solo pode reter, portanto é uma característica físico-química muito importante no manejo adequado da fertilidade do solo. Os três

principais fatores que afetam a CTC do solo são a textura, a quantidade e tipo de argila e o teor de matéria orgânica. A Figura 6 apresenta os valores de CTC que tiveram uma grande elevação, o que pode ser explicado pelo grande aumento nas taxas de cálcio e magnésio proporcionados pelos corretivos que foram aplicados. Se a capacidade de troca de cátions é alta isso significa que esse solo tem grande capacidade de armazenar cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio, e quando o teor de cálcio é alto baixa-se o teor de alumínio disponibilizando o cálcio para o crescimento das plantas reduzindo os efeitos negativos do alumínio ao crescimento radicular (NETO et al 2001).

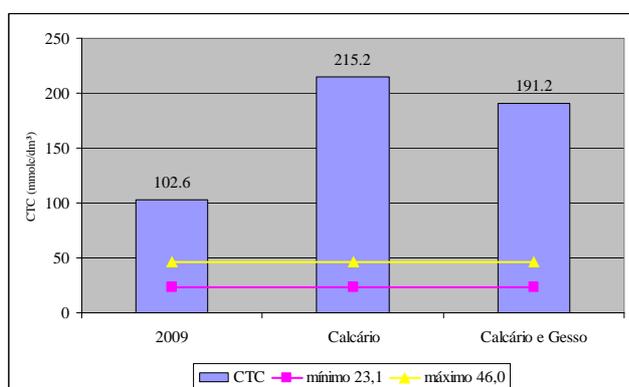


Figura 6 - Variação na concentração da CTC.

A soma de bases (SB) é um parâmetro indicador da fertilidade do solo, representando a soma dos teores de Ca, Mg e K que são considerados as bases do solo devido a capacidade de se ligarem aos colóides da argila deslocando H+Al eliminando assim a acidez no solo. Observa-se na Figura 7 que houve excessiva elevação no parâmetro de soma de bases (SB) devido ao aumento nas taxas de Ca, Mg e K proporcionado pela aplicação do calcário e do gesso agrícola em relação aos valores de 2009.

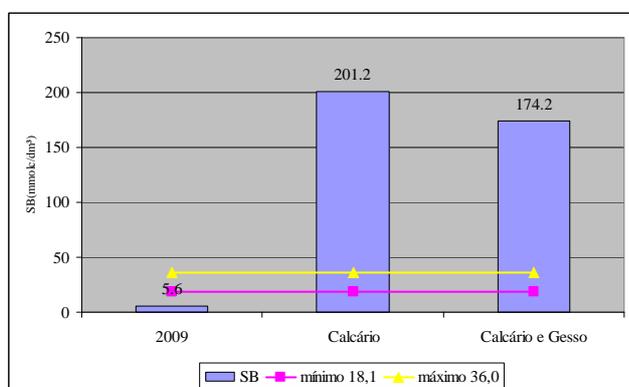


Figura 7 - Variação na concentração da SB.

Relacionando os macronutrientes Ca, Mg e K (Tabela 1), pode-se verificar que o Ca e Mg foram os elementos que apresentaram a maior variação passando de um nível de baixa concentração para um patamar alto ou muito alto. O Ca é o terceiro nutriente em exigência pelas plantas e sua deficiência não é muito comum mesmo em solos ácidos. Desempenha papel crucial no crescimento radicular devido à divisão e alongação das células (NETO et al 2001). O magnésio é pouco exigido pelas plantas e sua aplicação está mais associada a práticas de calagem. Comparando o cálcio com o magnésio, a lixiviação do cálcio é desejável para se promover maior enraizamento em profundidade, já à lixiviação do magnésio é indesejada e pode ser acentuada caso o gesso seja usado em um solo com baixa CTC. Observa-se que na área T2 a concentração do Mg ainda que elevada, ficou abaixo da concentração da área T1 (Figura 8).

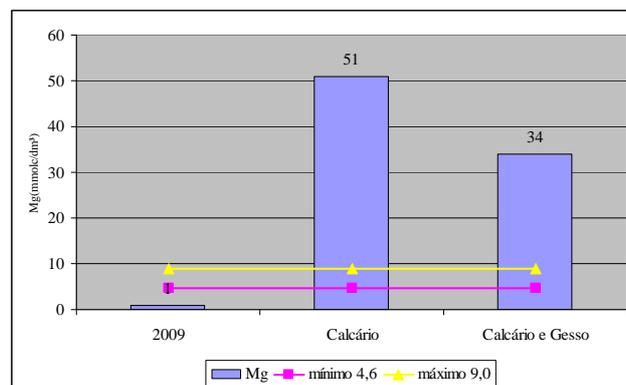


Figura 8 - Variação na concentração de Mg.

O potássio K mostrou-se com um valor ligeiramente menor após a aplicação das técnicas se comparado ao nível do nutriente antes da fertilização em 2009, não causando alteração significativa e continuando com baixo teor (Tabela 1). A calagem excessiva, o teor de potássio no solo, a taxa de lixiviação ou altos teores de cálcio e magnésio são fatores que podem afetar diretamente a disponibilidade do potássio para as plantas (NETO et al 2001).

### Discussão

Uma diferença observada para a área T2 pode ser explicada pelo suprimento de fósforo 0,7% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Pentóxido de Fósforo) encontrado na composição do gesso agrícola. O fósforo em excesso não tem efeitos observáveis e tóxicos para as plantas, porém em baixos níveis limita o desenvolvimento do sistema radicular. O pH é um fator que limita a concentração de fósforo no solo à medida que o pH do solo aumenta acontece uma redução nas concentrações de Fe, Al e Mn

na solução reduzindo a precipitação do fósforo. Este fato ocorre até uma faixa de pH próximo a 6,5 e acima disso como no caso da área T1 começam a ocorrer perdas de fósforo ligado ao cálcio (Figura 9).

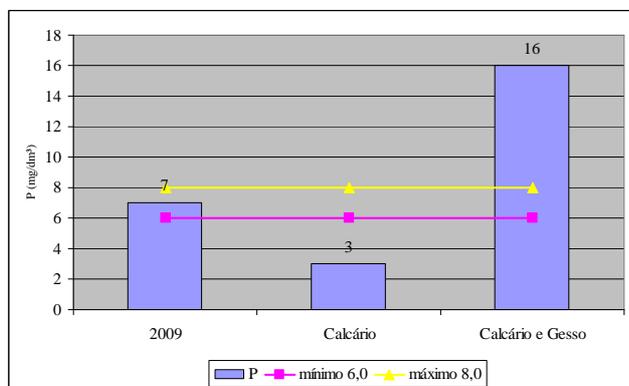


Figura 9 - Variação na concentração de Fósforo.

O parâmetro de saturação por bases mostrou-se com significativo aumento após a aplicação dos corretivos.

Verifica-se na Tabela 2 que para a área T1 cuja aplicação do calcário foi realizada o teor do Boro encontra-se em um nível muito baixo, o Cobre apresenta-se com a concentração esperada, o Ferro está em nível elevado, o Manganês se encontra em concentração adequada e o Zinco ligeiramente abaixo da faixa ideal. O Zinco em baixa concentração no solo se explica devido ao excesso de Ferro, Fósforo e Potássio e a falta de matéria orgânica em solos com pH entre 4 e 8,5. Conforme valores expressos na tabela 2, para a área T2 onde foi aplicado o calcário e o gesso o teor do Boro também se encontra em um nível muito baixo, o Cobre se apresenta com a concentração esperada, o Ferro está com valor elevado, o Manganês encontra-se em concentração adequada e o Zinco na faixa ideal. O teor de zinco em solos arenosos pode desenvolver deficiências quando aplicadas doses de calcário que elevem o pH acima de 6. O Manganês intervém na formação da clorofila e nos processos metabólicos da planta e está diretamente associado ao Zinco.

Para a área T2 onde foi incorporado calcário e o gesso, verifica-se significativas modificações como o aumento do pH e uma brusca redução no teor de alumínio. Nesse caso o cálcio, o magnésio e o fósforo foram os elementos em que se observa maior elevação. Sendo assim, podemos notar que a única diferença significativa entre a área T1 que recebeu o calcário e a área T2 foi o alto teor de fósforo. Vale ressaltar que a análise laboratorial indica alterações nos parâmetros da camada superficial do solo. Somente uma análise da camada mais profunda

do solo abaixo dos 20 cm de profundidade poderia confirmar com exatidão os benefícios da aplicação do gesso agrícola, já que esses benefícios normalmente restringem-se as camadas mais profundas do solo.

## Conclusão

Nas duas áreas estudadas o solo deixou de ter um pH ácido devido a uma considerável diminuição na concentração do alumínio afetando diretamente na concentração de nutrientes essenciais para o desenvolvimento da vegetação. Através dos resultados obtidos os macronutrientes é possível verificar uma maior concentração em todos os parâmetros avaliados e em relação aos micronutrientes verificam-se padrões semelhantes para os tratamentos T1 e T2 próximos da faixa esperada que são essenciais para o desenvolvimento da vegetação. As técnicas de aplicação da calagem e do gesso agrícola são eficientes de acordo com os resultados obtidos, porém os efeitos da aplicação do gesso só poderão ser identificados através de análises utilizando amostras do solo da camada subsuperficial que é onde normalmente se mostram os benefícios do gesso agrícola (NETO et al 2001).

## Referências

MORAES, R. C. **Estudo na fazenda Santana do Poço da UNIVAP para presença de alumínio no solo.** São José dos Campos: UNIVAP. 2009. 12p. (Graduação Engenharia Ambiental) – UNIVAP.

NETO et al. **Fertilidade do solo.** Lavras: UFLA/FAEPE. 2001. 261p.