

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL EM MUNICÍPIOS**

**MARCEL ANDRÉ BRESOLIN**

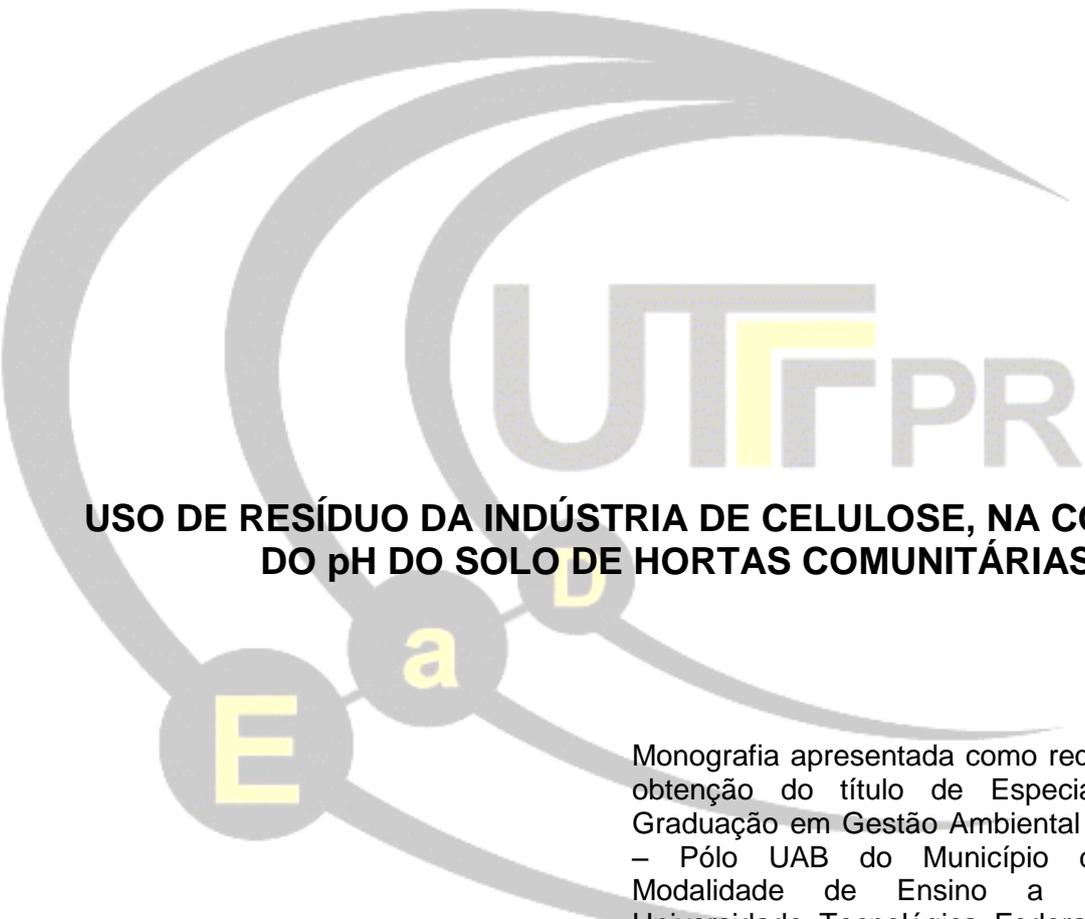
**USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE CELULOSE, NA CORREÇÃO  
DO pH DO SOLO DE HORTAS COMUNITÁRIAS**

**MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO**

**MEDIANEIRA**

**2014**

MARCEL ANDRÉ BRESOLIN



**USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE CELULOSE, NA CORREÇÃO  
DO pH DO SOLO DE HORTAS COMUNITÁRIAS**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós Graduação em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo UAB do Município de Concórdia, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Medianeira.

**EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA** Orientador(a): Prof. Dr Eduardo Borges Lied

MEDIANEIRA

2014



## TERMO DE APROVAÇÃO

### USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE CELULOSE, NA CORREÇÃO DO pH DO SOLO DE HORTAS COMUNITÁRIAS

Por

**Marcel André Bresolin**

Esta monografia foi apresentada às..... h do dia..... **de..... de 2014** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no Curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios – Pólo de Concórdia, Modalidade de Ensino a Distância, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho .....

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. ....  
UTFPR – Câmpus Medianeira  
(orientador)

\_\_\_\_\_  
Prof Dr. ....  
UTFPR – Câmpus Medianeira

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Me. ....  
UTFPR – Câmpus Medianeira

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso-.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, pela fé e perseverança para vencer os obstáculos.

Ao meu Pai que é meu exemplo de força e determinação.

A minha Mãe que me ensinou a sempre buscar meus objetivos com ética e determinação.

Ao meu orientador professor Dr. Eduardo Borges Lied pelas orientações ao longo do desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço aos professores do curso de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios, professores da UTFPR, Campus Medianeira.

Agradeço aos tutores presenciais e a distância que nos auxiliaram no decorrer da pós-graduação.

Enfim, sou grato a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desta monografia.

## RESUMO

BRESOLIN, Marcel André. USO DE RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE CELULOSE, NA CORREÇÃO DO pH DO SOLO DE HORTAS COMUNITÁRIAS. 2014. 44 páginas. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

Este estudo tem o objetivo de testar a eficácia da lama de cal, como corretivo de acidez do solo. A lama de cal é um resíduo derivado do processo de caustificação em empresas de celulose e papel. Foram analisados quatro diferentes concentrações, para cada concentração foram realizados sete testes, foram realizadas leituras de pH do solo ácido misturado com a lama de cal a cada 15 dias, no intervalo de 60 dias. Decorrido esse período, sementes de feijão foram plantadas, a fim de avaliar o crescimento e desenvolvimento das plantas, em cada concentração. Estas plantas cresceram durante 30 dias, antes de serem 'coletadas', para análise de suas características como, ganho de biomassa, tamanho da raiz principal. Além destes testes, foi realizada uma caracterização da lama de cal, em relação ao pH, umidade, PN (Poder de Neutralização) e PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total). Foi constatada a viabilidade da lama de cal como corretivo para solos em condições ácidas, teremos um mercado para esse resíduo (lama de cal), podendo dar lucro para a empresa e se tornar um produto comercializável.

**Palavras-chave:** Lama de cal, *Phaseolus vulgaris*, acidez.

## ABSTRACT

BRESOLIN, Marcel André. USE OF WASTE INDUSTRY PULP, THE CORRECTION OF SOIL pH OF COMMUNITY GARDENS. 2014. 44 pages. Monography (Specialization in management environmental in township). University Degree Federal of the Paraná, Medianeira, 2014.

This study has the purpose to test the effectiveness of the lime mud (residue of the pulp and paper industry), as corrective of soil acidity. The lime mud is a residue derived of the Causticizing process in companies of pulp and paper. It were analyzed four different concentrations, for each concentration were conducted seven tests, during sixty days the lime mud remained in rest mixed with the soil acidity, with pH reading been taken every 15 days. Elapsed this period, bean seeds were planted, in order to evaluate the growth and development of each plant in each concentration. These plants grew during thirty days, before being 'collected', for being analyzed their characteristics as, biomass gain, size of the main root. Besides these tests, it was performed a characterization of the lime mud, regarding to pH, moisture, PN (Power Neutralization) and PRNT (Relative Power Neutralization Total). Proving that the feasibility of the lime mud as a corrective to acidic conditions, we have a market for this residue (lime mud), may give profits to the company and become a marketable product.

**Keywords:** Lime mud, *Phaseolus vulgaris*, acidity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Lama de Cal.....	24
Figura 2 – Solo ácido coletado para análise.....	25
Figura 3– Disposição dos vasos conforme sua concentração.....	26
Figura 4 – Correção do pH em cada concentração aos 15 dias.....	32
Figura 5 – Correção do pH em cada concentração aos 30 dias.....	33
Figura 6 – Correção do pH em cada concentração aos 45 dias.....	33
Figura 7 – Correção do pH em cada concentração aos 60 dias.....	34
Figura 8 – Correção média do pH em cada concentração.....	35
Figura 9 – Ganho médio de Biomassa em cada concentração.....	37
Figura 10 – Tamanho médio da raiz principal em cada concentração.....	37
Figura 11 – Análise Lama de Cal.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metodologias de Análises Físico- Químicas.....	27
Tabela 2 – Concentração de Lama de Cal por Vaso.....	28
Tabela 3 – Análise da Variância nas medições de pH.....	29
Tabela 4 – Efeito da Lama de Cal na correção do pH.....	31
Tabela 5 – Ganho de Biomassa das plantas de <i>Phaseolus vulgaris</i> (feijão).....	36
Tabela 6 – Análise da Lama de Cal.....	38
Tabela 7 – % de correção de pH em cada concentração .....	43

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 SOLOS .....	13
2.2 HORTAS COMUNITÁRIAS .....	15
2.3 MOTIVOS DA ACIDIFICAÇÃO DOS SOLOS .....	17
2.4 EFEITOS DA ACIDIFICAÇÃO DO SOLO .....	18
2.5 CORREÇÃO DO pH DO SOLO .....	19
2.6 LAMA DE CAL.....	20
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 LOCAL DA PESQUISA .....	24
3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS .....	25
3.4 COLETA DE DADOS .....	27
3.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	28
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>29</b>
4.1 CORREÇÃO pH DO SOLO .....	30
4.2 GANHO DE BIOMASSA.....	35
4.3 TAMANHO DA RAIZ PRINCIPAL .....	37
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE CAL.....	38
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>39</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>40</b>
<b>ANEXO (S)</b> .....	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é um dos maiores produtores de celulose e papel do mundo, mas com o crescimento da produção evidenciado nos últimos anos, aumentou também a produção de resíduos, entre eles a lama de cal. Esse resíduo é oriundo da caustificação, um processo presente na área da recuperação de produtos químicos em empresas de celulose e papel.

A lama de cal apresenta um potencial para ser um corretivo em solos ácidos, devido basicamente, a presença em grande quantidade de carbonato de cálcio em sua composição. Tendo em vista, que a maioria dos solos de Santa Catarina, mais especificamente, da região meio oeste, são ácidos, a utilização da lama de cal seria uma forma mais barata e não menos eficiente para fazer a correção do pH dos solos das hortas comunitárias.

Hortas comunitárias são áreas onde cultivam-se vegetais destinados ao consumo de moradores da comunidade. As hortas comunitárias diferenciam-se das hortas domésticas pelo fato de serem cuidadas ou gerenciadas por um grupo de pessoas da mesma comunidade, enquanto, as hortas familiares ou domésticas são cuidadas por uma única família. Em geral, as hortas comunitárias são instaladas em lotes ou terrenos urbanos baldios e sua produção abastece famílias que residem nos contornos do local. As hortas comunitárias são um meio eficaz, saudável e economicamente viável de obtenção de alimentos. E a aplicação da Lama de Cal, substituindo a compra de insumos torna a produção de alimentos ainda mais viável economicamente.

A acidez do solo é causada principalmente pelo intenso cultivo de plantas em uma mesma área, a adubação continua com sulfato ou nitrato de amônia e a erosão. A acidez compromete o desenvolvimento das plantas já que com a diminuição do pH ocorre uma menor disponibilidade de nutrientes, que são essenciais para o bom crescimento do organismo vegetal. Além do mais, solos ácidos diminuem a população microbiana no solo, entre elas as bactérias fixadoras de nitrogênio e as responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, comprometendo, no caso, o crescimento dos vegetais cultivados nas hortas comunitárias.

A aplicação da Lama de Cal nos solos ácidos presentes em hortas comunitárias, além de dar um destino sustentável ao resíduo industrial mostra-se

uma alternativa para diminuir o custo de aquisição de insumos por parte dos gestores da horta, tornando a produção de alimentos economicamente mais viável.

Pretende-se Avaliar o potencial da lama de cal na correção de pH de solos ácidos em hortas comunitárias, realizando a caracterização do resíduo, em relação a características como, umidade, pH, PN (Potencial de Neutralização) e PRNT (Potencial Relativo DE Neutralização Total). E avaliando o crescimento e desenvolvimento vegetal em plantas de *Phaseolus vulgaris* (feijão), cultivadas em substratos contendo diferentes concentrações de lama de cal.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SOLOS

Através do intemperismo, uma rocha, mesmo das mais endurecidas, pode transformar-se em um material solto, conhecido como saprolito, que permite a vida de plantas e pequenos animais. Juntamente com restos, como folhas que se decompõem formando o húmus e alguns minerais da rocha, por sua vez menos resistentes ao intemperismo transformam-se em argila e com a água da chuva, pouco a pouco, através de um conjunto de fenômenos biológicos, físicos e químicos o solo começa a ser formado. A partir de uma rocha e saprolito relativamente homogêneos, surge uma série de camadas, ou bandas, aproximadamente paralelas à superfície e de aspecto e constituição diferentes, que são chamados de horizontes (LEPSCH, 2010).

Segundo Lepsch (2010) perfil de um solo completo e bem desenvolvido possui cinco tipos de horizontes principais, que são:

- O – Horizonte orgânico de solos minerais.
- A – Horizonte mineral com acúmulo de húmus.
- E – Horizonte claro de máxima remoção de argila e/ ou óxido de ferro.
- B – Horizonte de máxima expressão de cor e agregação ou concentração de materiais removidos dos horizontes A e/ ou E.
- C – Material inconsolidado de rocha alterada presumivelmente semelhante ao que deu origem ao solum.
- R – Rocha não alterada.

Os solos brasileiros são, em geral ácidos, geralmente o pH fica entre 4,5 e 5,5 (COUTINHO, 2009). A acidez é bastante comum em regiões onde a precipitação é bastante elevada, o que pode desencadear um processo de lixiviação de quantidades significativas de Cálcio e Manganês, que são bases permutáveis. Em consequência disso, essas bases são trocadas por elementos acidificantes como

Alumínio, Manganês e Hidrogênio, por isso, em regiões com alta pluviosidade o pH do solo apresentasse mais ácido, que em regiões áridas (LOPES, 1989).

Os solos que mais ocorrem na região do meio oeste de Santa Catarina, são: Latossolo Bruno e Intermediário, Terra Bruna Estruturada e Intermediária e Cambissolo (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2004).

Latossolo Bruno e Intermediário são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B latossólico de coloração brunada sob-horizonte superficial rico em matéria orgânica. Esse tipo de solo, está posicionado entre o Latossolo Roxo e o Latossolo Bruno, é comum em altitudes que varia de 550 a 900 metros. Tem como característica serem muito profundos e argilosos, bem como acentuadamente drenados, são solos fortemente ácidos, com baixa saturação de bases e alta saturação de alumínio trocável, principalmente em seus horizontes mais profundos onde a influencia exercida pela matéria orgânica é menor. Estes solos ocupam normalmente as superfícies mais elevadas e planas da região, constituídas por colinas e com declives em relevo suave ondulado. A principal limitação a prática agrícola esta associada à baixa fertilidade natural, decorrente de baixo pH, devido a elevados teores de alumínio trocável (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1994).

Terra Bruna estruturada e Intermediária são solos minerais, não hidromórfico, com argila de baixa atividade, com altos teores de matéria orgânica nos horizontes superficiais, são solos profundos ou muito profundos, bem drenados e com condições físicas favoráveis ao desenvolvimento radicular. Quando ocorrem em relevo suave ondulado, não oferecem maiores problemas a prática da agricultura, bem como ao uso de máquinas e implementos agrícolas, pois, sua susceptibilidade a erosão é apenas moderada. Porém, são solos fortemente ácidos, com baixa reserva de nutrientes e com alta saturação de alumínio trocável (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1994).

Cambissolo são solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B incipiente bastante heterogêneo, tanto no que refere-se à cor, espessura e textura, quanto no que diz respeito à atividade química da fração argila e saturação por bases. Esses solos são em sua maioria ácidos, com baixa fertilidade natural e alta saturação com alumínio trocável. Porém, no Vale do Rio do Peixe, são encontrados Cambissolos Eutróficos, com alta fertilidade em condições naturais. Esses tipos de Cambissolos são utilizados nessa região, intensamente dentro de um sistema de agricultura

familiar, principalmente com o cultivo de milho, feijão e pastagens (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1994).

Na região do Meio Oeste Catarinense, o Latossolo Bruno e Intermediário, Terra Bruna Estruturada e Intermediária e Cambissolo, são solos desenvolvidos a partir de rochas efusivas da Formação Serra Geral, compreendendo toda a sequência de diferenciação, desde as de natureza básica (basalto) até as de caráter ácido (riodacito, dacito e riolito). Apenas o Cambissolo, apresenta solos desenvolvidos a partir da Formação Serra Geral e da Formação Botucatu (arenito), o que explica a pouca resistência desse solo a erosão (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1994).

De modo geral, o estado de Santa Catarina apresenta solos com topografia bastante acidentada, mas mesmo com uma topografia desfavorável a prática de atividades agrícolas, ao longo de décadas vem sendo cultivadas lavouras, o que ocasiona danos ambientais e a erosão, principalmente quando é utilizado mecanização nas lavouras, lembrando que a erosão é um processo que pode acarretar o diminuição do pH, ou seja, acarreta a acidificação do solo (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, 1994).

## 2.2 HORTAS COMUNITÁRIAS

Hortas comunitárias são áreas onde cultivam-se vegetais destinados ao consumo de moradores da comunidade. As hortas comunitárias diferenciam-se das hortas domésticas pelo fato de serem cuidadas ou gerenciadas por um grupo de pessoas da mesma comunidade, enquanto, as hortas familiares ou domésticas são cuidadas por uma única família. Em geral, as hortas comunitárias são instaladas em lotes ou terrenos urbanos baldios e sua produção abastece famílias que residem nos contornos do local. Por esse fato, a instalação de hortas comunitárias apresenta um grande benefício, o de eliminar terrenos baldios em áreas urbanas, trazendo consigo duas grandes vantagens, a de destinar o terreno, até então sem utilidade, à ser um “ponto” de geração de alimentos para os moradores do local e a de eliminar uma área onde muitas vezes, por serem terrenos baldios, são utilizados como depósitos de entulho e transformam-se em focos de doenças como a dengue e outras que tem

como agente transmissor roedores e insetos que poderiam alojar-se no local, trazendo consigo sérios danos à saúde pública da área (HORTAS COMUNITÁRIAS MELHORAM QUALIDADE DA ALIMENTAÇÃO NOS CENTROS URBANOS, 2014).

O Instituto Internacional para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (IIED), afirmou por meio de relatório que as políticas para a alimentação falham porque estão muito concentradas em apenas aumentar a produção nas áreas rurais e não em trazer esses alimentos de forma mais barata para os habitantes das cidades. Uma das soluções para esse problema seria o incentivo à agricultura urbana, ou seja, por meio de hortas comunitárias, o que já é bastante comum em países europeus e no Canadá. As hortas comunitárias apresentam-se como um complemento à produção de alimentos no Brasil, podendo gerar empregos e facilitar o acesso a alimentos de qualidade por pessoas de baixa renda (HORTAS COMUNITÁRIAS SE MULTIPLICAM NAS CIDADES BRASILEIRAS MESMO SEM O DEVIDO APOIO PÚBLICO E APRESENTAM O POTENCIAL DE SEREM DE GRANDES RESPONSÁVEIS PARA FACILITAR O ACESSO DOS MAIS POBRES A ALIMENTOS DE QUALIDADE, 2014).

Existem hortas comunitárias voltadas ao consumo das próprias famílias, onde a comunidade planta em mutirão e comercializa apenas o excedente. Porém, existem outras, em que o foco é a geração de renda e as famílias recebem pelo que cada uma produz. Este último modelo de horta mencionado torna-se muito interessante à administração pública, pois, é muito mais vantajoso investir nas hortas do que manter os terrenos limpos e oferecer empregos para todos os que trabalham na produção de vegetais, vendidos, em geral, para a própria prefeitura, que os utiliza na merenda escolar. No caso das hortas que vendem sua produção às escolas, durante as férias escolares a comercialização é garantida, com os produtos sendo entregues em hospitais e creches da cidade. Isso mantém os que trabalham nas hortas ocupados todos os meses do ano e leva alimentos de boa qualidade também para outros públicos, além dos estudantes. Analisando a produção para autoconsumo, esse sistema trás o benefício de fornecer alimentos saudáveis aos moradores locais por preços bem mais acessíveis (HORTAS COMUNITÁRIAS MELHORAM QUALIDADE DA ALIMENTAÇÃO NOS CENTROS URBANOS, 2014).

## 2.3 MOTIVOS DA ACIDIFICAÇÃO DOS SOLOS

Conforme Coelho (1973), os principais motivos que causam a acidificação do solo são locais com clima úmido, onde as águas provenientes das chuvas infiltram-se através do solo que contém ácido carbônico, resultante da dissolução do gás carbônico na água, removem os íons do complexo coloidal do solo, principalmente de cálcio e magnésio, deixando em seu lugar quantidade equivalente de íon hidrogênio. Em consequência disso, a quantidade de hidrogênio no solo vai aumentando gradativamente, resultando em abaixamento progressivo do pH do solo.

Outro fator que causa a acidez do solo é o cultivo intensivo, também conhecido como plantio direto, onde as plantas retiram do solo os nutrientes necessários para seu desenvolvimento, e como geralmente as adubações são pobres em cálcio e magnésio, o solo vai ficando sem essas bases trocáveis, como consequência aumenta a quantidade de íons de hidrogênio. Também podemos citar a erosão que remove as camadas mais superficiais do solo, com maiores teores de bases (cálcio, magnésio), expondo assim camadas mais profundas e consequentemente mais ácidas.

Por fim, a adubação continua com sulfato de amônio ou nitrato de amônio, que pode causar a acidificação, pela formação de ácidos minerais que removem cálcio e magnésio trocáveis das partículas coloidais, deixando em seu lugar íons de hidrogênio.

Mais especificamente, a acidez do solo é causada pelo aumento de íons  $H^+$  e como consequência a diminuição dos cátions básicos. Quando ocorre a formação dos solos, as bases são liberadas dos minerais primários pelo intemperismo, de forma que os pontos de troca dos colóides podem ficar saturados com eles. Sendo assim, o pH da solução do solo fica próximo a 7,0, ou seja, próximo a neutralidade. Porém, com o tempo, em condições de clima úmido, o pH decresce, principalmente com a produção de íons de Hidrogênio, os quais se originam do gás carbônico ( $CO_2$ ) do ar do solo. Esse gás, em contato com a água, forma o ácido carbônico ( $H_2CO_3$ ) que se dissocia na solução do solo, produzindo a maior parte dos íons  $H^+$  que substituem os cátions básicos (QUAGGIO, 2000).

Segundo Quaggio (2000) a ação de íons de hidrogênio, dissociados na solução do solo, representa a acidez ativa, já a acidez devida à ação de íons de Alumínio, é chamada de acidez trocável, Quando ocorre a ação de íons de Hidrogênio e íons de Alumínio, esta recebe o nome de acidez potencial.

## 2.4 EFEITOS DA ACIDIFICAÇÃO DO SOLO

Solos ácidos limitam o desenvolvimento das plantas, pois, o pH estando baixo, mantém vários nutrientes indisponíveis para a absorção das plantas, além de causar toxidez a planta pela presença de alumínio trocável (COUTINHO, 2009).

Solos com pH abaixo de 5,5, torna os compostos de alumínio, ferro e manganês bastante solúveis, o que prejudica a disponibilidade de fósforo e a eficiência da adubação fosfatada, uma vez que, o alumínio, o ferro e o manganês, são responsáveis pela fixação de fósforo e formação de compostos de fósforo. Os íons de hidrogênio, em quantidade aumentada, devido ao pH baixo, deslocam o cálcio e magnésio dos colóides do solo, tornando-os solúveis na solução do solo e conseqüentemente serão perdidos por lixiviação. Além do disso, com a acidificação do solo, ocorre uma diminuição na população de bactérias fixadoras de nitrogênio moléculas às quais vivem nas raízes das leguminosas. O que ocorre também com as bactérias responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, afetando assim a disponibilidade de nitrogênio, fósforo e enxofre (COELHO, 1973).

Os nutrientes do solo são adsorvidos nas superfícies das partículas de argila, também conhecidas como colóides do solo, onde permanecem armazenados e disponíveis. Os átomos desses elementos encontram-se na forma iônica, ou seja, providos de cargas elétricas negativas, ânions, e de cargas positivas, cátions. A capacidade de adsorção de cátions deve-se a presença de cargas negativas presentes nas superfícies das argilas. Essas cargas negativas atraem e retêm cátions dissolvidos na água do solo. As extremidades das raízes retiram dos colóides do solo grande parte dos nutrientes necessários à nutrição e desenvolvimento da planta, substituindo-os por outros não necessários. As raízes das plantas trocam cátions de Hidrogênio ( $H^+$ ), que provêm de seus tecidos, por cátions de Potássio ( $K^+$ ), Magnésio ( $Mg^+$ ) e Cálcio ( $Ca^+$ ), adsorvidos nos pontos de

troca negativamente carregados dos colóides do solo. Entre os cátions adsorvidos em maiores quantidades nos colóides do solo, estão: o cálcio, o magnésio o potássio, o hidrogênio e o alumínio. Tanto o Hidrogênio, quanto o Alumínio, quando presentes em quantidades elevadas, podem apresentar efeitos tóxicos às plantas, provenientes principalmente do abaixamento do pH (LEPSCH, 2010).

A suscetibilidade das plantas a condições de acidez do solo esta intimamente ligada à capacidade de absorção de nutriente e à sensibilidade a toxidez do manganês e do alumínio. O alumínio em concentrações tóxicas causa danos ao metabolismo celular, ele se concentra no núcleo da célula, afetando a divisão celular. As raízes são as primeiras a serem afetadas pela concentração tóxica de alumínio, como resultado as raízes principais crescem pouco, tornando-se grossas, tortuosas e perdem a turgidez, em consequência a absorção de nutrientes fica deficiente. Além do mais, concentrações altas de alumínio podem imobilizar o fósforo na planta, pela formação de fosfato de alumínio insolúvel (COELHO, 1973).

## 2.5 CORREÇÃO DO pH DO SOLO

Para corrigir a acidez de solos recomenda-se o uso de calcário dolomítico, que consiste em uma mistura de carbonato de cálcio e magnésio, o qual possui 20 – 40% de óxido de cálcio e 10 – 20% de óxido de magnésio (COUTINHO, 2009).

Nos solos agrícolas, a acidez do solo é corrigida geralmente, pela adição de rocha calcária moída, composta de carbonatos de cálcio e magnésio que, em contato com o ácido carbônico, presente na solução do solo, forma bicarbonatos. Estes, por sua vez, substituem os cátions de alumínio dos pontos de troca pelos de cálcio e magnésio, neutralizando assim a acidez (LEPSCH, 2010).

Segundo Coelho (1973), a quantidade de calcário ideal para ser aplicada em um solo com pH na faixa 5,20, seria de 1000 Kg/ha. A aplicação do corretivo de acidez deve ser feita em duas vezes. Na primeira, distribui-se superficialmente 50% da quantidade de corretivo indicada pela análise, sobre o solo a ser cultivado, em seguida é feita uma subsolagem profunda (em torno de 40 cm) em toda a área e depois aplicar o restante de corretivo de acidez e lavar a uma profundidade máxima possível (COUTINHO, 2009).

Quando o calcário é aplicado no solo a solubilização dos carbonatos de cálcio e de magnésio, que são componentes do calcário agrícola, necessita de água e de gás carbônico para ocorrer. A concentração do gás carbônico (CO<sub>2</sub>), não se apresenta como um fator limitante para que ocorra a solubilização desses compostos, tendo em vista que sua concentração no solo é de 10 a 15 vezes maior do que na atmosfera, portanto dificilmente limitará a ação do calcário. O que não ocorre com a umidade, que nem sempre está disponível em quantidades necessárias no solo. Por esse motivo, recomenda-se, geralmente que o calcário seja aplicado no mínimo três meses antes do plantio, na expectativa que ocorram chuvas nesse período. A calagem sendo feita com certa antecedência, em relação ao plantio, além de dar um tempo maior para que possam ocorrer chuvas, ela poderá aumentar as chances que as camadas mais profundas do solo também sejam corrigidas (QUAGGIO, 2000).

A velocidade da reação do calcário no solo depende, também, da granulometria do corretivo e do grau de acidez do solo, que pode aumentar o consumo dos produtos corretivos (QUAGGIO, 2000).

Segundo Lopes (1991), se a aplicação do calcário for feita adequadamente, os efeitos se refletem de maneira positiva em relação à CTC, ou seja, ocorre o aumento da capacidade de troca de cátions, aumento do pH do solo, com isso os teores de Cálcio e Magnésio aumentarão, conseqüentemente diminuirá ou eliminará os efeitos tóxicos do Alumínio, do Manganês e do Ferro. Além disso, a disponibilidade de nutrientes como N, P, K, Ca, Mg, S e Mo no solo aumentará, bem como o efeito de fertilizantes e da atividade microbiana.

## 2.6 LAMA DE CAL

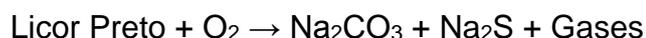
O Brasil é o 4º maior produtor mundial de celulose e o 11º maior produtor mundial de papel e papelão. Em decorrência do aumento na produção de celulose e papel, evidenciado nos últimos anos, as indústrias desse segmento têm aumentado também a produção de resíduos. Para cada tonelada de celulose produzida, são gerados cerca de 800Kg de resíduos sólidos (GUERRA, 2007). Dentre os resíduos sólidos gerados no processo de fabricação de celulose está a Casca com maior

percentual (24%), seguido pela Lama de Cal (22%), Lodo Primário e Ativado (17%), Dregs e Grits (14%) e Cinzas, que são oriundas da queima de Biomassa para obtenção de energia e vapor (11%) (GONÇALVES, 2000).

Conforme Bergamin et al. (1994), o resíduo de lama de cal, oriundo do processo de caustificação, onde ocorre a recuperação do licor utilizado no cozimento, a lama de cal, é um descarte do forno de cal. Este resíduo tem como características, uma coloração cinza clara, uma consistência sólida e um potencial alcalino.

Segundo Grace (1989) o processo de produção de celulose, pode ser apresentada simplificada mente da seguinte forma:

Os cavacos, vindos do pátio de madeiras, alimentam os digestores onde ocorrerá o cozimento. Os cavacos de madeira, são impregnados com licor branco e no digestor a 170 °C eles reagem, formando uma pasta marrom e licor preto diluído (processo de digestão). O licor preto diluído é separado da pasta, nos lavadores. A pasta de celulose segue a linha de produção, já o licor seguirá para o processo de recuperação de produtos químicos, os processos mais modernos conseguem recuperar até 98% dos produtos químicos utilizados nos digestores. O licor preto diluído entra na etapa de evaporação, com cerca de, 13- 17% de sólidos dissolvidos e através da evaporação sai para queima na caldeira de recuperação, com cerca de 60- 70% de sólidos dissolvidos. O licor preto concentrado será queimado na caldeira de recuperação seguindo a seguinte reação:



Nesse processo a matéria orgânica remanescente é queimada, restando uma mistura incandescente, chamada de smelt, que nada mais é, que os compostos inorgânicos.

O smelt, originado na caldeira de recuperação é dissolvido em água, formando assim o licor verde, que tem como principais componentes  $\text{Na}_2\text{S}$  e  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , além de impurezas, denominadas dregs. O licor verde nesse processo de caustificação e clarificação, entra em contato com cal hidratada  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , adicionada ao processo, ele por sua vez, reage com  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , recuperando  $\text{NaOH}$  (Soda) e originando  $\text{CaCO}_3$ , na forma de lama de cal. O processo de caustificação, pode ser representada pela reação:



O licor branco, com um potencial altamente alcalino, devido a alta concentração de NaOH, é destinado ao digestor para novo ciclo de polpação e o CaCO<sub>3</sub>, como já mencionado, é descartado do forno de cal, na forma de lama de cal (GRACE, 1989).

A lama de cal vem mostrando-se, uma boa alternativa a substituir o uso de calcário em plantações, devido a sua composição alcalina, oriunda da presença de nutrientes como CaO, CaOH, SiCO<sub>3</sub>, e também de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> (ALMEIDA et al. 2007, RAMOS et al. 2006, CARVALHO et al. 2004). Além do mais a lama de cal tem um valor de neutralização, que varia de 40- 70% (SUZUKI, 1991). A lama de cal possui um PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) elevado, 95,6%, ou seja, seria necessário 104,6 Kg de lama de cal para satisfazer uma demanda de 100 Kg de calcário, com PRNT de 100%. Esse potencial apresentado pela lama de cal se deve principalmente a dois fatores, o primeiro, seu bom valor neutralizante, que diz respeito a sua equivalência em carbonato de cálcio, o segundo, é seu grau de finura que atende aos requisitos da legislação (LOURENÇO, 1997). Segundo Alcarde (1992), provavelmente a lama de cal, possa reduzir a acidez do solo mais rapidamente e a uma profundidade maior, devido à presença de óxidos e hidróxidos de cálcio, que são compostos mais solúveis que os carbonatos, presentes no calcário, permitindo assim que os produtos obtidos dessa reação de dissociação tenham uma maior mobilidade no solo (ALCARDE, 1992). Podemos ressaltar também, que além, da lama de cal possuir a capacidade de elevar o pH do solo e de ter em sua composição nutrientes que são necessários ao desenvolvimento da planta, seu custo financeiro é bem menor que o de calcário, por isso, torna-se uma alternativa muito boa para agricultores que possuam suas propriedades localizadas próximas a indústrias de celulose e papel e até mesmo para a própria indústria.

O descarte em lavouras é uma alternativa ideal, tendo em vista que a acidez desses solos esta ligada a quantidades elevadas de matéria orgânica e Alumínio trocável (ALMEIDA, 1999). Porém, para que esses resíduos, oriundos da indústria de celulose e papel, sejam aproveitados adequadamente e desempenhe um efeito positivo e que não tragam danos ambientais, como poluições do solo, são necessárias avaliações de possíveis reações que a aplicação do produto poderá ter em relação ao solo, seus níveis de organização, bem como possíveis danos

ambientais (SOMMERS, 1986). Os resíduos de indústrias de celulose e papel têm como uma característica química, o potencial de correção da acidez do solo, devido à presença de compostos alcalinos, que promovem a neutralização do solo. Já no ponto de vista ambiental, é necessário cuidado com possíveis contaminantes como, metais pesados e Na (Sódio) (SOMMERS, 1986). Esse último, presente na forma de NaOH (Soda) na lama de cal, geralmente seus valores são pequenos para acarretar danos ao solo, porém podem se tornar mais elevados caso ocorram defeitos durante o processo de caustificação.

A Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT, 2004) elaborou um conjunto de normas, com a finalidade de padronizar a classificação dos resíduos, consequentemente facilitando a destinação correta para os mesmos. A classificação proposta pela norma NBR 10.004, se dá de acordo com riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública. Além disso, a norma fundamenta-se em características apresentadas pelos resíduos reconhecidamente perigosos e de concentrações de poluentes, também por alguns testes e ensaios de apoio (MATTIAZZO, 2000).

A norma NBR 10.004, classifica os resíduos da seguinte forma:

- a) Resíduos classe I: considerados perigosos, são resíduos sólidos ou misturas de resíduos, que podem apresentar riscos a saúde pública, devido a suas características como, toxicidade, reatividade, inflamabilidade e corrosividade.
- b) Resíduos classe II: Considerados não perigosos. Os resíduos classe II- Não perigosos subdivide-se em:
  - c) Resíduos de classe II A- Não Inertes: podem ter propriedades, tais como:
    - d) biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. Essa classe abrange a maioria dos resíduos existentes, além daqueles que podem ter o solo como destino final.
  - e) Resíduos de classe II B- Inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

A lama de cal está classificada como resíduo de classe II A- Não Inerte.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 LOCAL DA PESQUISA

O presente trabalho será conduzido em propriedade rural, localizada no município de Joaçaba-SC. As amostras de lama de cal utilizadas no projeto são provenientes de uma empresa de celulose e papel da região (Figura 1). Já as amostras de solo (Figura 2) foram coletadas em um terreno com características ácidas, localizado no interior de Joaçaba, no estado de Santa Catarina.



**Figura 1: Lama de Cal**

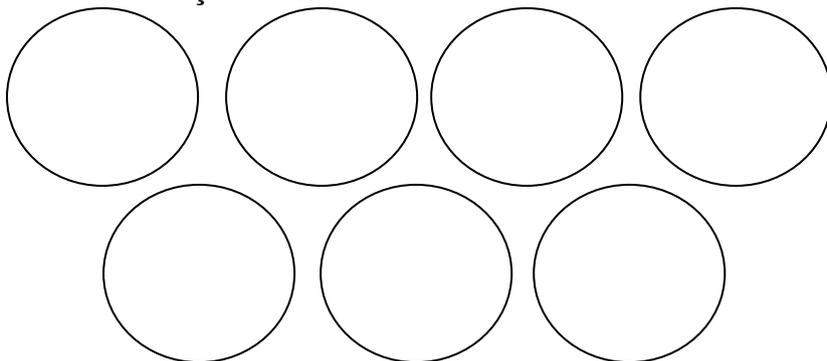


**Figura 2: Solo ácido coletado para análise**

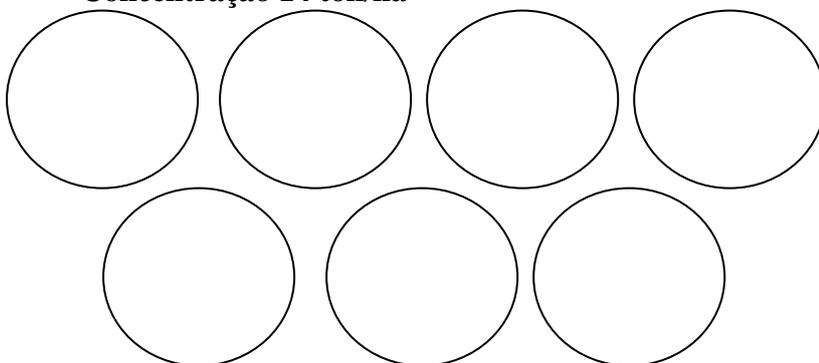
### 3.2 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de lama de cal serão misturadas com o solo, em vasos com volume de 2 litros cada. Serão utilizados 28 vasos com 4 concentrações diferentes: 4, 14, 20 e 24 ton/ha, cada concentração terá 7 vasos dispostos com a mesma concentração, a fim de ter uma maior confiabilidade nos resultados. As concentrações escolhidas para o teste foram determinadas observando alguns estudos já efetuados (CURVAS DE NEUTRALIZAÇÃO DE SOLO COM LAMA DE CAL, COMPARADA COM  $\text{CaCO}_3$  p.a. E CALCÁRIO; Boletim de Pesquisa Florestal-EMBRAPA, 1997), os mesmos, trazem as análises nas seguintes concentrações: 0, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 ton/ha, ajustando à realidade do presente trabalho, foram selecionadas as 4 concentrações acima descritas (4, 14, 20 e 24 ton/ha).

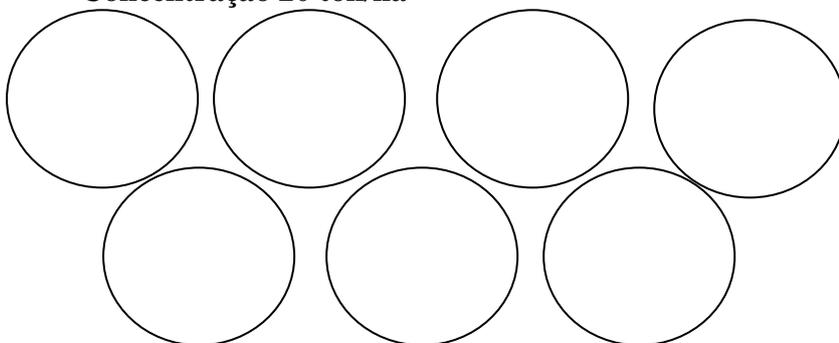
**Concentração 4 ton/ha**



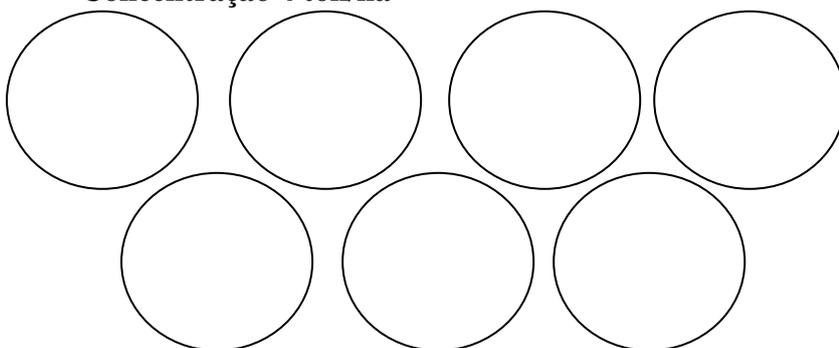
**Concentração 14 ton/ha**



**Concentração 20 ton/ha**



**Concentração 4 ton/ha**



**Figura 3: Disposição dos vasos, conforme sua concentração**

As análises que determinarão características como, PN (Poder de Neutralização), PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total), Granulometria da lama de cal, CaO, entre outras, serão realizadas no Laboratório de Solos, da UPF, seguindo a metodologia disposta na Tabela 1.

**Tabela 1. Metodologias de Análises Físico-Químicas.**

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>
PRNT	Cálculo da Reatividade nos Corretivos <sup>1</sup>
PN	Método da Titulação Ácido- Base <sup>1</sup>
Análise Granulométrica	Granulometria <sup>1</sup>
CaO	Método Volumétrico do EDTA <sup>1</sup>
MgO	Método Volumétrico do EDTA <sup>1</sup>
Umidade	Umidade a 65 °C (U65) <sup>1</sup>
pH	Potenciometria <sup>2</sup>

1 De acordo com os procedimentos constantes no Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organominerais e Corretivos, do MAPA. Após, PRNT: RE.PN/100.

2 Utilizado pHmetro portátil da Mettler Toledo (Modelo Seven Go);

### 3.3 COLETA DE DADOS

A leitura de pH do solo foi efetuada antes das amostras serem misturadas, para confirmar a acidez do solo e a uniformidade do valor em todos os vasos. Foi calculada a proporção de lama de cal a ser misturada com o solo em cada vaso, seguindo os valores apresentados na tabela 2.

**Tabela 2: Concentração de Lama de Cal por Vaso**

CONCENTRAÇÃO DE LAMA DE CAL	
4 ton/ha	13,16 gramas/ vaso
14 ton/ha	45,05 gramas/ vaso
20 ton/ ha	65,79 gramas/ vaso
24 ton/ ha	78,94 gramas/ vaso

Os vasos com suas respectivas amostras ficaram durante 45 dias em repouso, a fim de avaliar a ação da lama de cal. Durante esse tempo foram efetuadas leituras do pH da amostra com uma frequência quinzenal. A leitura do pH foi realizada através da avaliação da acidez ativa, sendo determinada pelo pH em água, na relação de solo:água de 1:1, ou seja, medir 10 ml de solo e adicionar 10 ml de água destilada, agitando a solução, deixá-la em repouso por 30 minutos em seguida agita-la novamente e mede-se o pH.

Decorridos os 45 dias foram plantadas sementes, essas, ficaram protegidas de intempéries por 30 dias, para seu crescimento e desenvolvimento, sendo dosada a mesma quantidade de água para todas. O plantio das mudas foi realizado na segunda quinzena do mês de Setembro. A cultura plantada foi o *Phaseolus vulgaris* (feijão). Decorrido os 30 dias, foi avaliado o crescimento das plantas analisando parâmetros como, ganho de biomassa, crescimento radicular e desenvolvimento das plantas.

O ganho de biomassa e a medição do crescimento radicular têm a finalidade de avaliar o desenvolvimento da planta e avaliar a disponibilidade de nutrientes no solo.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados das análises serão caracterizados por meio do cálculo das médias e suas respectivas variâncias. Para tal, foi utilizado o software estatístico BioEstat.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Os resultados mostraram que a Lama de Cal possui potencial para correção da acidez de solos. Elevou o pH em todos os vasos onde foi incorporada junto ao solo ácido, tendo elevado o pH de maneira mais relevante nos vasos onde a concentração aplicada foi maior, o que já era esperado, pois, quanto maior a concentração maior será a elevação do pH. As análises apresentaram resultados significativos, segundo a análise de variância utilizado (BioEstat), conforme podemos evidenciar na tabela 3. Os resultados em cada concentração variaram muito pouco, comprovando que a ação da Lama de Cal nos vasos onde foi testada foi realmente real, ocorrendo em todos os vasos de maneira uniforme, paralelo a concentração aplicada.

**Tabela 3: Análise da Variância nas Medições de pH.**

<b>Variância das Mediações de pH</b>				
<b>Concentração/ Variância</b>	<b>Mediações de pH</b>			
	<b>1<sup>a</sup></b>	<b>2<sup>a</sup></b>	<b>3<sup>a</sup></b>	<b>4<sup>a</sup></b>
<b>4 ton/ha</b>	0,0028	0,0012	0,0012	0,0339
<b>14 ton/ha</b>	0,0011	0,0093	0,0116	0,0023
<b>20 ton/ha</b>	0,0008	0,0017	0,0016	0,0013
<b>24 ton/ha</b>	0,0012	0,0012	0,0025	0,0005

A capacidade de correção de solos com pH ácido apresentada nos testes, se deve a um conjunto de fatores, tais como, uma boa granulometria, que a lama de cal possui, um ótimo Poder de Neutralização (PN) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), além de ser um produto com pH extremamente alcalino, o que é fundamental para corretivo de solos ácidos.

Em relação ao ganho de biomassa, as concentrações onde o pH era menor (4 ton/ha- pH final: 6,69 e 14 ton/ha- pH final: 7,06), tiveram um ganho maior de

biomassa, pois, o *Phaseolus vulgaris* (feijão) tem seu pH ideal para cultivo e desenvolvimento abaixo de 7,0, e quanto mais foi corrigido o pH menor foi seu incremento de biomassa. Já o crescimento radicular, se mostrou praticamente uniforme em todos os vasos, exceto na concentração de 4 ton/ha, onde teve seu pH final estabilizado em uma média de 6,69 e apresentou um desenvolvimento menor da raiz principal, porém teve melhor ganho de biomassa comprovando o melhor desenvolvimento da cultura do feijão em solos com pH abaixo de 7,0, e evidenciando a disponibilidade de nutrientes para todas as plantas da concentração. Lembrando que o PH inicial em todos os vasos foi de 4,77.

#### 4.1 CORREÇÃO DO pH DO SOLO.

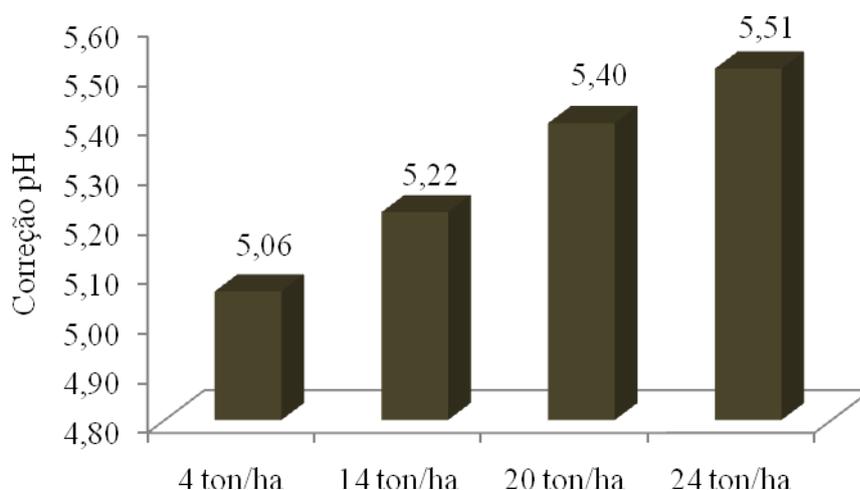
O pH das amostras cultivadas foi em sua totalidade corrigido. A correção seguiu uma regra dentro das concentrações avaliadas: quanto maior a concentração maior a elevação do pH. Ou seja, a concentração 4 ton/ha a menor concentração avaliada foi a que elevou menos o pH, já a concentração 24 ton/ha, a maior concentração avaliada, foi a que mais elevou o pH.

Como descrito na metodologia, foram efetuadas 4 medições do pH. A primeira realizada aos 15 dias, após a mistura da lama de cal com o solo, a segunda aos 30 dias, a terceira aos 45 dias e a quarta aos 60 dias. Todas apresentaram valores próximos, dentro das 7 repetições que cada concentração possuía, evidenciando a baixa variância, presente na tabela 3 e conforme valores expostos na tabela 4, podendo averiguar com isso, a significância e uniformidade das correções em cada concentração e períodos avaliados. A importância desses dados está no fato que, a correção do pH ocorrendo uniformemente nas concentrações e períodos avaliados, através da obtenção de resultados próximos na mesma concentração testada, elimina a hipótese de erro ou acaso nos testes, comprovando diante disso, que a Lama de Cal realmente atua corrigindo o pH em todos os vasos e de maneira uniforme dentro de cada concentração.

**Tabela 4: Efeito da lama de cal na correção do pH**

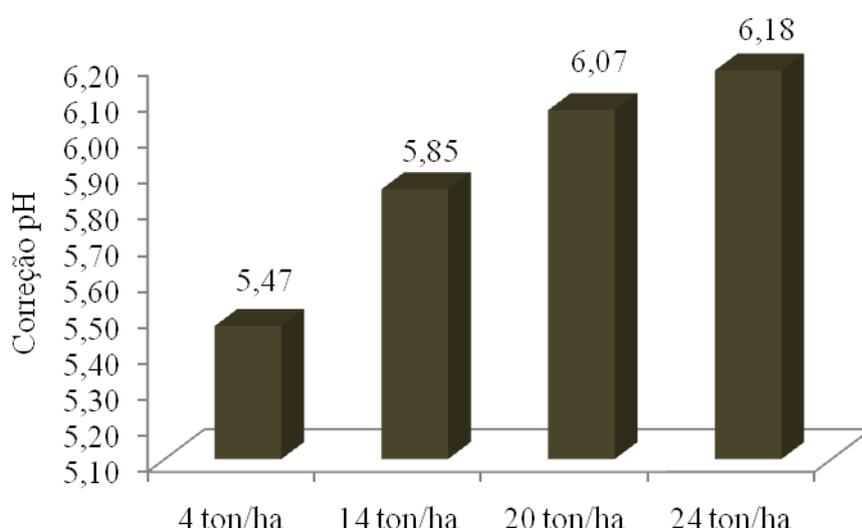
	Vaso	pH inicial	1 <sup>a</sup> Leitura	2 <sup>a</sup> Leitura	3 <sup>a</sup> Leitura	4 <sup>a</sup> Leitura
CONCENTRAÇÃO 4 TON/HÁ	1	4,77	5,10	5,47	6,02	6,69
	2	4,77	5,03	5,41	6,00	6,77
	3	4,77	5,13	5,48	6,08	6,95
	4	4,77	5,10	5,51	6,07	6,79
	5	4,77	4,98	5,45	5,99	6,35
	6	4,77	5,09	5,49	6,05	6,63
	7	4,77	5,11	5,50	6,05	6,68
CONCENTRAÇÃO 14 TON/HÁ	1	4,77	5,23	5,88	6,53	6,99
	2	4,77	5,18	5,72	6,46	7,02
	3	4,77	5,19	5,79	6,48	7,05
	4	4,77	5,27	5,95	6,56	7,12
	5	4,77	5,24	5,96	6,53	7,09
	6	4,77	5,23	5,90	6,49	7,03
	7	4,77	5,19	5,75	6,55	7,10
CONCENTRAÇÃO 20 TON/HÁ	1	4,77	5,42	6,09	6,75	7,20
	2	4,77	5,4	6,05	6,81	7,26
	3	4,77	5,41	6,03	6,73	7,21
	4	4,77	5,35	6,01	6,79	7,25
	5	4,77	5,37	6,08	6,8	7,19
	6	4,77	5,43	6,12	6,85	7,24
	7	4,77	5,40	6,11	6,81	7,29
CONCENTRAÇÃO 24 TON/HÁ	1	4,77	5,52	6,19	6,93	7,34
	2	4,77	5,48	6,21	6,89	7,31
	3	4,77	5,45	6,14	6,81	7,28
	4	4,77	5,55	6,19	6,87	7,31
	5	4,77	5,53	6,22	6,90	7,29
	6	4,77	5,51	6,13	6,80	7,27
	7	4,77	5,53	6,20	6,91	7,31

A medição efetuada aos 15 dias após a mistura do solo ácido mais Lama de Cal, apresentou resultados que evidenciam a ação do resíduo, comparada com sua concentração. Obtivemos um aumento aproximado de 13% na concentração 24 ton/ha, logo nos primeiros 15 dias, ficando claro que esse material consegue apresentar resultados rapidamente após sua aplicação (Gráfico 1).



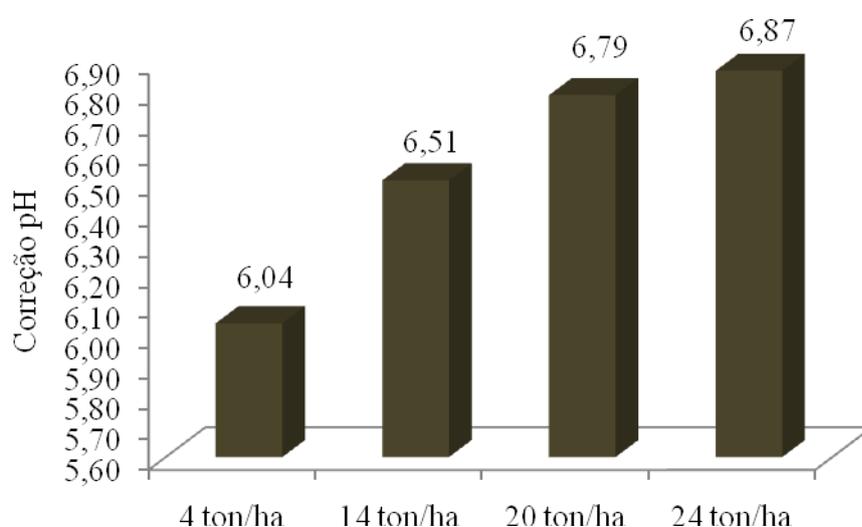
**Figura 4: Correção do pH em cada concentração, aos 15 dias**

Após 30 dias de mistura as amostras continuaram a corrigir o pH significativamente, conforme resultados da análise de variância expostos na tabela 3, destacando-se novamente a concentração de 24 ton/ha, que apresentou uma correção de 29,56 % do pH das amostras comparando com o pH inicial, que era de 4,77. A partir do gráfico abaixo, é possível observar nitidamente a elevação do pH de acordo com a quantidade de Lama de Cal misturada ao solo. Nas concentrações 20 ton/ha e 24 ton/ha, onde a quantidade do resíduo aplicado não foi muito diferente entre as duas concentrações, obtivemos resultados próximos na correção do pH.



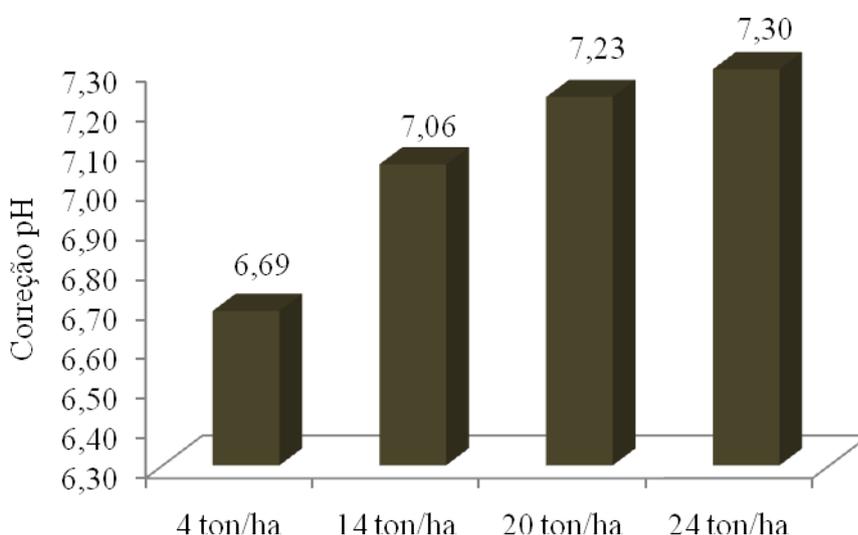
**Figura 5: Correção do pH em cada concentração, aos 30 dias**

Aos 45 dias após a mistura de lama de cal e solo ácido terem sido efetuadas, as concentrações continuaram a ter seu pH corrigido, seguindo a porcentagem relacionada a cada concentração de lama de cal presente em cada amostra. Novamente as concentrações 20 ton/ha e 24 ton/há apresentaram valores para seu pH próximos entre si, evidenciando que as duas concentrações referidas continuavam a corrigir o pH sem perda da capacidade de correção.



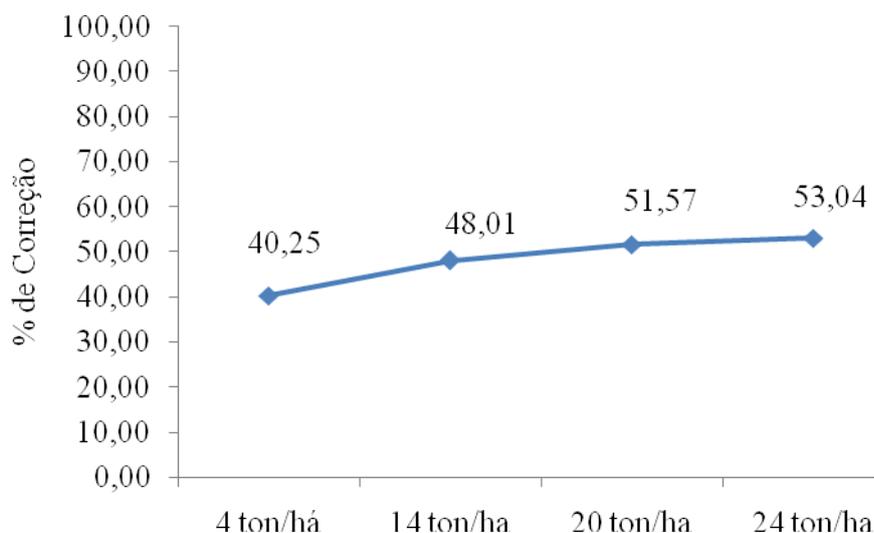
**Figura 6: Correção do pH em cada concentração, aos 45 dias**

Na medição realizada aos 60 dias, todas as quatro concentrações continuavam a corrigir o pH, sem perda aparente do poder de correção da acides. As concentrações 20 ton/ha e 24 ton/ha, mais uma vez destacaram-se com valores próximos e com uma variância baixa nos resultados, variância de 0,0013 e 0,0005, respectivamente. Isso se explica, devido ao fato da lama de cal estar estabilizando sua ação nos 60 dias após a mistura e também devido as duas concentrações terem valores próximos (20 e 24 ton/ha), como já havia sido mencionado anteriormente. A partir disso, podemos estabelecer que a concentração de 24 ton/ha, é a melhor dosagem à ser aplicada na correção da acides de solos, dentre as quatro concentrações avaliadas, ela corrigiu a acides do solo de forma rápida sem ter saturado o solo.



**Figura 7: Correção do pH em cada concentração, aos 60 dias**

Como já foi mencionado acima, quanto maior a concentração, maior foi a correção do pH. Isso fica evidenciado, comparando as porcentagens da elevação do pH em cada concentração. Na concentração 4 ton/ha, houve um aumento de 40,25 %, na concentração 14 ton/ha, houve um aumento de 48,01 %, na concentração 20 ton/ha, o aumento foi de 51,57 % e na concentração 24 ton/ha, o aumento foi de 53,04 %. Observa-se também, que quanto maior a diferença entre as concentrações, conseqüentemente, maior é porcentagem de aumento. Além disso, foi possível observar que um solo com pH de 4,77 pode receber uma concentração de 24 ton/ha, para correção de seu pH, sem que haja saturação do solo com a lama de cal.



**Figura 8: Correção média do pH em cada concentração**

#### 4.2 GANHO DE BIOMASSA.

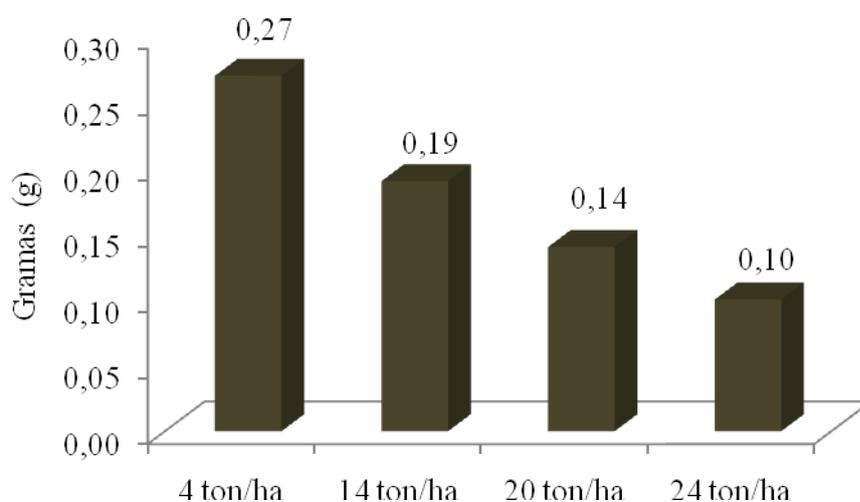
O ganho de biomassa das plantas cultivadas nos vasos com lama de cal, em concentração de 4 ton/ha apresentou-se maior, em média 0,27 gramas por planta, comparado com as demais concentrações. Isso se explica, devido ao fato do *Phaseolus vulgaris* ter seu pH ótimo para cultivo e desenvolvimento abaixo de 7,0. Portanto, sendo essa concentração a menor e a que menos elevou o pH, em média 40 % (elevação de 4,77 para uma média final de 6,69), foi a que apresentou melhores condições para o desenvolvimento da planta (Tabela 5). Nas demais concentrações houve germinação da semente e crescimento da planta, porém, houve um incremento de biomassa menor que o apresentado na concentração 4 ton/há. Torna-se importante ressaltar, que o ganho de biomassa em cada concentração refletiu o pH presente em cada vaso para o desenvolvimento da planta, não estando, a ação da Lama de Cal, responsável pelo maior ou menor incremento de biomassa. Esse incremento de biomassa diferenciou-se em cada concentração devido ao pH ótimo de desenvolvimento da planta de feijão, ou seja, onde o pH corrigido ficou mais próximo ao ideal para o crescimento da planta (concentração 4 ton/há), houve um maior incremento de biomassa, e onde o pH ficou mais elevado, conseqüentemente mais distante do ideal para desenvolvimento

da planta, o incremento de biomassa foi menor. Com isso, podemos evidenciar que a Lama de Cal corrige o pH de solos ácidos, sem atrapalhar o desenvolvimento das plantas, a diferença apresentada na tabela abaixo é dada a diferença no pH e não devido a aplicação do resíduo ao solo.

**Tabela 5: Ganho de Biomassa das plantas de *Phaseolus vulgaris* (Feijão)**

Concentração	Biomassa seca	Concentração	Biomassa seca
4 ton/há	0,31	14 ton/há	0,16
4 ton/há	0,28	14 ton/há	0,16
4 ton/há	0,30	14 ton/há	0,17
4 ton/há	0,23	14 ton/há	0,22
4 ton/há	0,22	14 ton/há	0,19
4 ton/há	0,33	14 ton/há	0,22
4 ton/há	0,24	14 ton/há	0,18
<b>Média</b>	<b>0,27</b>	<b>Média</b>	<b>0,19</b>
Concentração	Biomassa seca	Concentração	Biomassa seca
20 ton/há	0,15	24 ton/há	0,11
20 ton/há	0,12	24 ton/há	0,10
20 ton/há	0,13	24 ton/há	0,10
20 ton/há	0,15	24 ton/há	0,14
20 ton/há	0,13	24 ton/há	0,06
20 ton/há	0,16	24 ton/há	0,13
20 ton/há	0,13	24 ton/há	0,09
<b>Média</b>	<b>0,14</b>	<b>Média</b>	<b>0,10</b>

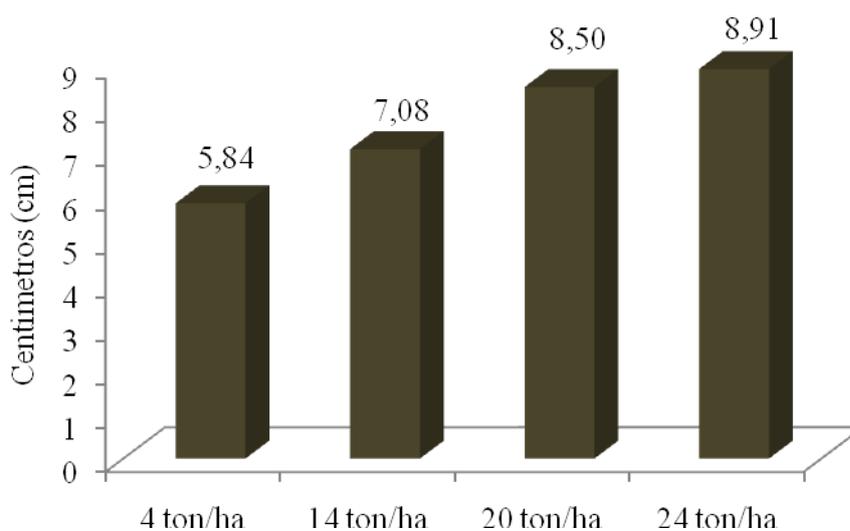
A apresentação de melhores condições e conseqüentemente a obtenção de melhores resultados na menor concentração (4 ton/há), se deve também ao fato, de que as bactéria fixadoras de nitrogênio tem seu pH ideal para crescimento localizado no intervalo de pH 6,0- 7,0 (Ali et al.,2009), o que interfere diretamente no desenvolvimento e ganho de biomassa, pois, essas bactérias ajudam na fixação do nitrogênio na raiz da planta, o que é fundamental para seu desenvolvimento.



**Figura 9: Ganho medio de Biomassa em cada concentração**

#### 4,3 TAMANHO DA RAIZ PRINCIPAL.

O tamanho médio da raiz principal refletiu bem o ganho de biomassa de cada concentração. Ou seja, a concentração que teve maior incremento de biomassa, conseqüentemente teve o tamanho de sua raiz principal menor.



**Figura 10: Tamanho medio da raiz principal em cada concentração**

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO DA LAMA DE CAL.

A análise foi realizada em meados do mês de Outubro 2014, no Laboratório de Solos da UPF e determinou valores para características como, pH, PN, PRNT, Granulometria (Tabela 4). A lama de cal apresentou um pH bastante alcalino, 13,1, fundamental para ser um corretivo de solos ácidos. Por ser um material ‘fino’ apresentou um bom resultado de granulometria, o que faz a lama de cal ter mais uma característica que a torne um bom corretivo de acidez, pois, a granulometria é um fator importante na hora de se avaliar um material para a correção de solos ácidos. O valor que mais chamou a atenção foi o de Poder de Neutralização (PN) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), que apresentaram valores bastante satisfatórios (109,85), tendo em vista que a Instrução Normativa Nº 35 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) determina que o valor mínimo do PN seja 67 e do PRNT seja 45 (para calcário agrícola), ou seja, a Lama de Cal supera esses valores estabelecidos, comprovando que o material possui características para ser um ótimo corretivo de acidez. Comparado aos valores mínimos determinados para o calcário agrícola, a Lama de Cal apresenta-se um potencial substituto ao calcário, atuando de maneira não menos eficaz e atendendo os requisitos mínimos para caracterizar-se como corretivo de ácidos de solos, além de ter um custo mais “atraente” aos clientes.

**Tabela 6: Análise da Lama de Cal**

<b>Amostra</b>	<b>PN</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>	<b>CaO + MgO</b>	<b>PRNT</b>	<b>Umidade</b>	<b>pH</b>
Lama de cal	109,85%	55,27%	0,77%	56,04%	109,85%	30,22%	13,1

Poder de neutralização (PN), soma de cálcio e magnésio (CaO + MgO) e Poder de Neutralização Total (PRNT)

## 5. CONCLUSÃO.

Os resultados obtidos nos permitem concluir que a Lama de Cal apresenta-se como um bom corretivo para acidez de solos sendo evidenciado nos testes realizados com diferentes concentrações, onde ela corrigiu significativamente todas as amostras contendo solo ácido. Em relação a análise, ela apresentou características propícias para seu uso como corretivo de ácidos, tendo valores como Poder de Neutralização (PN) e Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) bem acima dos valores determinados ao calcário agrícola. As sementes que foram plantadas se desenvolveram conforme o pH do solo corrigido, a concentração que corrigiu o pH próximo ao ideal para o desenvolvimento das plantas (4 ton/ha), tiveram os melhores resultados em relação ao tamanho da raiz principal e ao ganho de Biomassa. Evidenciamos através desses resultados, que a Lama de Cal, pode ser utilizada como um produto alternativo e mais viável financeiramente, no cultivo de hortas comunitárias, podendo potencialmente substituir o calcário e outros corretivos disponíveis no mercado de vendas.

## REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10004: **Resíduos sólidos- Classificação**. Rio de Janeiro. P. 9- 11. 2004.
- ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 62p. (Boletim Técnico, 6). 1992.
- ALI, S.F.; RAWAT, L.S.; MEGHVANSI, M.K.; MAHNA, S.K. Selection of stress-tolerant rhizobial isolates of wild legumes growing in dry regions of Rajasthan, India. **Journal of Agricultural and Biological Science**, v.4, p.13-18, 2009.
- ALMEIDA, H.C. SILVEIRA, C.B. ERNANI, P.R. CAMPOS, M.L. & ALMEIDA, D. **Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (dregs)**. Química Nova, 7:1669-1672, 2007.
- BERGAMIN, F.N. ZINI, C.A. GONZAGA, J.V. BOTOLAS, E. **Resíduos de fabrica de celulose e papel: lixo ou produto?** In: Seminário sobre uso de resíduos industriais e urbanos em florestas. Botucatu: UNESP. Faculdade de Ciências Agronômicas, p. 97-120. 1994.
- CARVALHO-PUPATTO, J.G. BÜLL, L.T. & CRUSCIOL, C.A.C. **Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias**. Pesq. Agropec. Bras., 39:1213-1218, 2004.
- COELHO, FERNANDO S., VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. São Paulo. Circulo do Livro S.A, 384 p. 1973.
- COUTINHO, E.F. RIBEIRO, F.C. CAPPELLARO, T.H. **Cultivo de Oliveira**. Pelotas. Embrapa clima temperado, 125 p. 2009.
- EMBRAPA. **Boletim de Pesquisa Florestal**. Colombo, PR. N. 35. P. 49-57. 1997.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Estudo básico da região Meio Oeste Catarinense**. Campos Novos, SC. 66 p. 2004.

GRACE, T.M. **Overview of Kraft recovery**. In: GRACE, T.M. MALCOM, M.W.(eds) Pulp and paper manufacture : Alkaline pulping. Montreal: Appleton, v. 5, p. 473-476. 1989.

GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (Ed.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p. 386-414.

GUERRA, M. A. S. L. **Avaliação de indicadores biológicos e físico-químicos no composto orgânico produzido a partir de resíduos da indústria de celulose**. 2007. P. 70. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

HORTAS COMUNITÁRIAS MELHORAM QUALIDADE DA ALIMENTAÇÃO NOS CENTROS URBANOS. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/dimenstein/comunidade/gd191004.htm>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

HORTAS COMUNITÁRIAS SE MULTIPLICAM NAS CIDADES BRASILEIRAS MESMO SEM O DEVIDO APOIO PÚBLICO E APRESENTAM O POTENCIAL DE SEREM AS GRANDES RESPONSÁVEIS PARA FACILITAR O ACESSO DOS MAIS POBRES A ALIMENTOS DE QUALIDADE. Disponível em: <<http://www.institutocarbonobrasil.org.br/agricultura1/noticia=733617>>. Acesso em: 25 jun. 2014.

LEPSCH, Igor. F. **Formação e conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 216 p. 2010.

LOPES, A. S. GUIDOLIN, J.A. **Interpretação de Análise de Solo – Conceitos e Aplicações**. 3º edição. São Paulo: ANDA. 64 p. 1989.

LOPES, A.S. SILVA, M.C. GUIMARÃES GUILHERME, L.R. **Correção da acidez do solo**. São Paulo: ANDA. 22p. (Boletim Técnico 1). 1991.

LOURENÇO, R.S. **Curvas de neutralização de solo com lama de cal, comparada com  $\text{CaCO}_3$  p.a. e calcário.** Colombo, PR. Boletim de pesquisa florestal, nº35. p. 49-57. 1997.

MATTIAZZO, M.E. ANDRADE, C.E. **Aplicabilidade de biosólido em plantações florestais: IV. Lixiviação de N inorgânico e toxicidade de metais pesados.** 2000.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO- MAPA. Instrução Normativa Nº 35. Brasília, 2006.

QUAGGIO, José Antonio. **Acidez e calagem em solos tropicais.** Campinas, SP. Instituto Agronômico, 111 p. 2000.

RAMOS, L.A. NOLLA, A. KORNDÖRFER, G.H. PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. **Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação.** R. Bras. Ci. Solo, 30:849-857, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Manual de uso, manejo e conservação da água: Projeto de recuperação, conservação e manejo dos recursos naturais em microbacias hidrográficas.** 2.ed. Florianópolis, EPAGRI, 384 p. 1994.

SOMMERS, L.E. BARBARICK, K.A. **Constraints to land application of sewage sludge.** In: BROWN, K.W. (Coord). **Utilization, treatment and disposal of waste on land.** Soil Sci. Soc. Am. J. Madison, p. 193- 216, 1986.

SUZUKI, A. BASSO, C. KITAZAWA, I.H. **O uso de lama de cal como corretivo da acidez do solo.** Agropec. Catarinense, 4:9-11, 1991.

## ANEXOS

**Tabela 7: % de correção de pH em cada concentração**

Concentração	pH inicial	pH final	% de correção
4 ton/há	4,77	6,69	40,25
14 ton/há	4,77	7,06	48,01
20 ton/há	4,77	7,23	51,57
24 ton/há	4,77	7,30	53,04

Fonte: O autor



**LABORATÓRIO  
DE SOLOS**



**FAC. DE AGRONOMIA E MED. VETERINÁRIA**

Campus I - Bairro São José - Caixa Postal 611  
CEP 99.052-900 - Passo Fundo - RS  
Fone (54) 3316 8379 - Fone/Fax (54) 3316 8166  
E-mail: [labsolos@upf.br](mailto:labsolos@upf.br)  
CNPJ: 92.034.321/0001-25

**Laudo de Análise de Corretivo de Acidez do Solo**

Registro: 3386 (182) Data de Entrada: 14/10/2014  
 Cliente: Celulose Irani S.A. Data de Emissão: 30/10/2014  
 Município: Vargem Bonita / SC Localidade:  
 Material Fornecido: Lama de cal.

**Percentual de partículas passante<sup>(1)</sup>**

Amostra	Peneira ABNT n°10 (< 2,0mm)	Peneira ABNT n°20 (< 0,84mm)	Peneira ABNT n°50 (< 0,30mm)
01	100,00	100,00	100,00

(1) Resultados expressos em material seco a 105°C.

**Percentual de partículas<sup>(1)</sup>**

Amostra	Retida em peneira ABNT n° 10	Passante em peneira ABNT n°10	Passante em peneira ABNT n°20
		e Retida em peneira ABNT n° 20	e Retida em peneira ABNT n° 50
01	0,00	0,00	0,00

(1) Resultados expressos em material seco a 105°C.

**Poder de neutralização (PN), soma de cálcio e magnésio (CaO+MgO) e  
Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT)<sup>(1)</sup>**

Amostra	PN	CaO	MgO	CaO+MgO	PRNT	Na	Umidade <sup>(2)</sup>	pH <sup>(3)</sup>
	..... % .....							
01	109,85	55,27	0,77	56,04	109,85	-----	30,22	13,1

(1) Resultados expressos em material seco a 105°C. (2) Umidade a 105°C. (3) pH: relação 1:2.

  
 VOLNEI DE MOURA FÃO  
 Engº Agrº CREA-RS 074481  
 RNP 220192157-1  
 Responsável Técnico

**Figura 11: Análise Lama Cal**