



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

CONRADO CAGLIARI FIORETTO

**CAL AGRÍCOLA COMO ALTERNATIVA PARA A  
CORREÇÃO DO SOLO NO CULTIVO DE PLANTAS  
MEDICINAIS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

---

Londrina  
2016

CONRADO CAGLIARI FIORETTO

**CAL AGRÍCOLA COMO ALTERNATIVA PARA A  
CORREÇÃO DO SOLO NO CULTIVO DE PLANTAS  
MEDICINAIS EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Fioretto, Conrado Cagliari.

Cal agrícola como alternativa para a correção do solo no cultivo de plantas medicinais em Sistema de Plantio Direto / Conrado Cagliari Fioretto. - Londrina, 2016.  
54 f. : il.

Orientador: José Roberto Pinto de Souza.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Acidez do solo - Tese. 2. Aplicação superficial - Tese. 3. Calagem - Tese. 4. Eficiência relativa - Tese. I. Souza, José Roberto Pinto de. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CONRADO CAGLIARI FIORETTO

**CAL AGRÍCOLA COMO ALTERNATIVA PARA A CORREÇÃO DO  
SOLO NO CULTIVO DE PLANTAS MEDICINAIS EM SISTEMA DE  
PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Eli Carlos de Oliveira  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Marcelo Marques Müller  
Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO

Londrina, 26 de Fevereiro de 2016.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela oportunidade e proteção sempre presentes nessa jornada.

Aos meus pais, Roberto Antunes Fioretto e Ada Marina Cagliari Fioretto, pelo apoio incondicional e participação em todas as etapas da minha vida. Exemplos de pessoa, que me inspiram e a quem devo meu caráter e todo e qualquer sucesso pessoal e profissional.

À minha adorável [em breve] esposa, Louise Manha Peres, pelo carinho, companheirismo, apoio e compreensão em todos os momentos. Exemplo de pessoa dedicada, de caráter íntegro e com quem quero compartilhar o resto da minha vida.

À minha avó Milce Therezinha Genovez Cagliari e à minha segunda mãe Rute Alves de Lima, pelo carinho de todos os dias.

À minha sogra Eliza Maria Della Torre Manha Peres e ao meu sogro Odair Manha Peres, pela torcida, apoio e confiança.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto Pinto de Souza, pelo apoio, amizade e orientação.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo.

À Nutrical, em especial ao amigo Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Ítalo Massambone e ao amigo Adm. Jaime Alves, pela parceria e pelo fornecimento dos corretivos utilizados neste trabalho.

Ao colega Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Henrique Mazei Ponti e à equipe da Faz. Santa Maria, pela parceria e pelo fornecimento do solo utilizado neste trabalho.

À equipe da VittaCura do Brasil, pelo comprometimento, profissionalismo e auxílio na condução do experimento.

À equipe da Laborsolo Laboratórios, pelo comprometimento, profissionalismo e auxílio com as análises laboratoriais.

Aos colegas Prof. Dr.. Eli Carlos de Oliveira e Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Thadeu Rodrigues, pelo auxílio com as análises estatísticas.

Aos estimados amigos que fiz durante o curso, pela troca de experiências.

Aos amigos de longa data, por dividirem comigo essa jornada e ajudarem a torná-la mais leve e mais divertida.

***“A tarefa não é ver aquilo que ninguém viu,  
mas pensar o que ninguém pensou sobre  
aquilo que todo mundo vê”***

**(Arthur Schopenhauer)**

FIORETTO, Conrado Cagliari. **Cal agrícola como alternativa para a correção do solo no cultivo de plantas medicinais em sistema de plantio direto**. 2016. 54 f. Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia - Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

## RESUMO

A produção de plantas medicinais tem crescido no Brasil como uma alternativa de renda à pequena propriedade e em função da crescente demanda mundial por medicamentos fitoterápicos. Devido às exigências de qualidade e quantidade, o cultivo deve ser realizado com elevado grau de profissionalismo e comprometimento. O Sistema de Plantio Direto tem se difundido na agricultura brasileira e tem potencial para ser implantado na produção de plantas medicinais, porém a acidificação da subsuperfície devido ao não revolvimento do solo torna-se um entrave a ser resolvido. A acidez do solo é uma limitação importante à produção agrícola e fontes mais reativas que o calcário têm sido estudadas como alternativa para corrigi-la mais rapidamente e em maior profundidade quando aplicadas em superfície. O objetivo deste trabalho foi avaliar, em laboratório, a reatividade de frações granulométricas de cal em comparação ao calcário, em quatro tempos de incubação, sem a influência de absorção e exsudação radicular, a fim de se verificar se aquela fonte é promissora como alternativa para a correção do solo em cultivos de plantas medicinais sob Sistema de Plantio Direto. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x4 (2 fontes: cal virgem dolomítica e calcário dolomítico; 4 frações granulométricas: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm; e 4 tempos de incubação: 30, 60, 90 e 120 dias) com 4 repetições. Um tratamento referência, sem adição de corretivo de acidez e composto por 4 repetições, foi instalado para acompanhar a flutuação natural das variáveis químicas do solo. Foi calculada a necessidade de calagem para elevar a saturação por bases para 70% e as doses das frações de cada fonte foram obtidas ajustando-se a necessidade pelos respectivos Poderes de Neutralização (PN). Foi utilizado um Latossolo Vermelho distroférrico (LVd), textura argilosa, coletado na camada 00-20 cm de uma fazenda produtora de grãos e mantido com umidade em 60% da capacidade máxima de retenção de água durante todo o experimento. A cada avaliação, o solo foi analisado quimicamente e os atributos saturação por bases, pH ( $\text{CaCl}_2$ ), Ca, Mg e Al foram utilizados para avaliar a reatividade dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A reação da cal virgem dolomítica foi menos dependente de granulometria e tempo do que a do calcário dolomítico. As frações granulométricas > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm e 0,84-0,30 mm de cal virgem dolomítica foram mais reativas que as frações correspondentes de calcário dolomítico. Com exceção da fração mais fina, as demais frações da cal virgem dolomítica foram os únicos tratamentos que atingiram a saturação por bases almejada. Todas as frações da cal virgem dolomítica neutralizaram a acidez trocável do solo já aos 30 dias de incubação. A cal virgem dolomítica tem potencial para ser utilizada como fonte alternativa de correção da acidez de solo cultivado com plantas medicinais sob Sistema de Plantio Direto, com vantagens sobre a utilização de calcário.

**Palavras-chave:** Acidez do solo. Aplicação superficial. Calagem. Eficiência relativa.

FIORETTO, Conrado Cagliari. **Quicklime as an alternative for liming of soils cultivated with medicinal plants under no-till.** 2016. 54 p. Dissertation (Master in Agronomy) – State University of Londrina, Londrina, 2016.

## ABSTRACT

The production of medicinal plants has been growing in Brazil as an alternative of income to small farms and as a consequence of a growing world demand for phytomedicines. Due to quality and quantity requirements, the production has to be carried out attending high levels of professionalism and commitment. The use of no-till is widespread in Brazil and has a great potential to be adopted in the production of medicinal plants, but the acidification of deeper soil layers, resulted from the lack of tillage, becomes a challenge to be addressed. Soil acidity is an important limitation to agricultural production and sources more reactive than limestone are being studied as an alternative to neutralize it more quickly and in deeper layers when applied on the surface. The goal of this work was to evaluate, in the laboratory, the reactivity of particle size fractions of quicklime compared to limestone in four incubation periods, without any influence of root absorption and exsudation, in order to verify whether that source is promising as an alternative for the liming of soils cultivated with medicinal plants under no-till. The experiment was carried out in a completely randomized 2x4x4 factorial design (2 sources: dolomitic quicklime and dolomitic limestone; 4 particle size fractions: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm and < 0,30 mm; and 4 incubation periods: 30, 60, 90 and 120 days) with 4 replications. A reference treatment, with no addition of lime and with 4 replications, has been set up in order to assess the natural oscillation of the soil chemical attributes. The lime necessity to increase the bases saturation of the soil to 70% has been calculated and the rates of the particle size fractions of each source have been obtained by adjusting the necessity to the respective Calcium Carbonate Equivalent (CCE). The soil used was a clay dystroferric Red Latossol, collected from the 00-20 cm layer of a grain farm, which had its moisture content maintained at 60% of its maximum water holding capacity. In each evaluation the soil was chemically analyzed and the attributes bases saturation, pH (CaCl<sub>2</sub>), Ca, Mg and Al were used to evaluate the reactivity of the treatments. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared through the Tukey test at 5% probability. The reaction of the dolomitic quicklime was less dependent of particle size and time than that of dolomitic limestone. The particle size fractions > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm and 0,84-0,30 mm of the dolomitic quicklime were more reactive than the corresponding fractions of the dolomitic limestone. Except for the thinner one, the other fractions of the dolomitic quicklime were the only treatments that reached the aimed bases saturation. All the fractions of the dolomitic quicklime neutralized the exchangeable acidity of the soil already at the 30<sup>th</sup> day of incubation. The dolomitic quicklime has potential to be utilized as an alternative source for the acidity reduction of soils cultivated with medicinal plants under no-till, with advantage over the utilization of limestone.

**Keywords:** Liming. Relative efficiency. Soil acidity. Surface application.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** — Saturação por bases (%), pH (CaCl<sub>2</sub>) e teores de Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em Latossolo Vermelho distroférico (LVd) aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após incubação sem corretivo (Referência) ou com doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV).....39

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Corretivos de acidez do solo disponíveis no mercado e seus constituintes químicos .....17
- Tabela 2** – Análises granulométrica e química do Latossolo Vermelho distroférico (LVd) utilizado no experimento. Cornélio Procópio, PR .....32
- Tabela 3** – Composição química das frações granulométricas do calcário agrícola e da cal agrícola utilizados no experimento.....33
- Tabela 4** – Variáveis químicas (saturação por bases, pH-CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) analisadas no tratamento referência (sem adição de corretivo de acidez) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação do experimento .....35
- Tabela 5** – Doses (t ha<sup>-1</sup>) e quantidades de Ca<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Mg<sup>2+</sup> (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) aportadas pelas frações granulométricas de calcário dolomítico e cal virgem dolomítica, corrigidas pelos respectivos Poderes de Neutralização (PN).....36
- Tabela 6** – Saturação por bases (%), pH (CaCl<sub>2</sub>) e teores de Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em Latossolo Vermelho distroférico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (> 2,00 mm; 2,00-0,84 mm; 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV) .....36
- Tabela 7** – Saturação por bases (%) e pH (CaCl<sub>2</sub>) em Latossolo Vermelho distroférico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV) .....38
- Tabela 8** – Teores de Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em Latossolo Vermelho distroférico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV) .....39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
2.1	PLANTAS MEDICINAIS E PRINCÍPIOS ATIVOS .....	12
2.2	ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM.....	14
2.3	CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO.....	17
2.4	CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO EM SISTEMAS CONSERVACIONAISTAS E CULTIVOS PERENES E SEMIPERENES .....	19
2.5	REATIVIDADE DOS CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO .....	21
2.6	MÉTODOS PARA RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM NO BRASIL .....	26
2.6.1	Neutralização do Alumínio.....	26
2.6.2	Solução tampão SMP .....	26
2.6.3	Saturação por bases.....	28
<b>3</b>	<b>ARTIGO - REATIVIDADE DE FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DE CAL VIRGEM DOLOMÍTICA E CALCÁRIO DOLOMÍTICO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO</b> .....	<b>28</b>
3.1	RESUMO.....	28
3.2	ABSTRACT .....	29
3.3	INTRODUÇÃO .....	30
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	31
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	36
3.6	CONCLUSÕES .....	42
3.7	REFERÊNCIAS.....	42
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A acidez dos solos constitui uma importante limitação à produção agrícola na maioria das regiões tropicais e subtropicais, sendo indicadora de déficit de nutrientes e presença de elementos em níveis tóxicos.

A calagem é o procedimento utilizado para corrigir essa limitação e o calcário agrícola tem sido a principal fonte utilizada para esse fim, na medida em que neutraliza a acidez do solo e fornece cálcio e magnésio. Por ser um material de baixa solubilidade em água, o calcário precisa ser moído para ser comercializado como corretivo de acidez e precisa ser incorporado ao solo para exercer seu efeito.

O sistema de plantio de direto (SPD) vem se estabelecendo cada vez mais como um modelo de produção que alia conservação e viabilidade econômica. A ausência de revolvimento do solo, preconizada pelo sistema, tem concorrido para a acidificação da subsuperfície e preocupado os adeptos do sistema, devido ao caráter ácido da maioria dos solos brasileiros e à utilização de corretivos de baixa solubilidade aplicados superficialmente, o que tem sido justificativa para episódios de flexibilização do sistema, com revolvimentos ocasionais.

Fontes alternativas, mais solúveis, têm sido estudadas e têm se destacado no propósito de agirem mais rapidamente e em maior profundidade que o calcário.

A produção de plantas medicinais no Brasil ocorre predominantemente em pequenas propriedades, conduzida por agricultores familiares. A baixa disponibilidade de recursos dessa classe impõe restrições ao uso de tecnologia, principalmente da mecanização. O SPD, portanto, é um modelo que se encaixa bem a essa realidade, não somente por prescindir do revolvimento do solo, que é uma operação pesada, mas por não prescindir da rotação de culturas, reduzindo a demanda por inseticidas e fungicidas e amenizando o risco da atividade.

Como as plantas medicinais, da mesma forma que as grandes culturas, dependem de um perfil de solo corrigido e equilibrado para produzirem com vigor e em quantidades lucrativas, fontes mais solúveis de corretivos de acidez do solo surgem como uma alternativa para viabilizar o SPD nesse segmento.

Com o intuito de avaliar o potencial de uma fonte alternativa de corretivo de acidez do solo para uso em cultivo de plantas medicinais sob Sistema de Plantio Direto, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em laboratório, a reatividade de frações granulométricas de cal virgem dolomítica em comparação ao calcário dolomítico, em quatro tempos de incubação, em Latossolo Vermelho distroférico (LVd), textura argilosa, sem a influência de absorção e exsudação radicular.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 PLANTAS MEDICINAIS E PRINCÍPIOS ATIVOS

Diante de uma população cada vez mais idosa e de uma reformulação dos valores pessoais, naturais e ecológicos, a demanda por plantas medicinais é crescente no mundo. No Brasil, apesar da importância desse mercado, não existem dados oficiais sobre a movimentação da indústria de fitoterápicos. Estima-se algo em torno de um bilhão de reais por ano (ABIFISA, 2007).

Contribui para isso a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, aprovada pelo governo em 2006 e que visa o desenvolvimento sustentável de produtos da biodiversidade para fins terapêuticos. A Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares, que visa oferecer ao Sistema Único de Saúde (SUS) a possibilidade de tratamento com plantas medicinais e medicamentos fitoterápicos, é outra iniciativa do governo que tem contribuído para o desenvolvimento dessa cadeia de produção (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2013).

Embora a maior parte da produção brasileira de plantas medicinais advenha do processo extrativista, o cultivo doméstico vem ganhando destaque. O extrativismo está perdendo espaço por causa de legislações sanitária e ambiental, além da pressão das indústrias por matérias-primas de qualidade e com regularidade de oferta (BATALHA et al., 2007).

O Estado do Paraná, onde a produção vem sendo estimulada desde a década de 80, é um tradicional fornecedor desses produtos e, em conjunto com espécies aromáticas e condimentares, é responsável pelo atendimento a cerca de 90% da demanda nacional, com 19 espécies ocupando mais de 90% da área cultivada com essas plantas, sendo as principais a camomila, o gengibre, o capim-limão, o maracujá, a menta (hortelã), a melissa, a calêndula, a estêvia e a cavalinha. Além de grande produtor, o Paraná é também um grande centro de coleta de plantas nativas, tais como espinheira-santa, fáfia, carqueja e chapéu-de-couro (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2013; CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2014).

A produção no Paraná é caracterizada pela agricultura familiar, em pequenas propriedades. Segundo Corrêa Júnior e Scheffer (2004), em 2002 a atividade de cultivo e coleta de plantas medicinais, aromáticas e condimentares

totalizou no Estado mais de R\$ 22 milhões, ocupando uma área de 2.539,76 ha, com uma área média por produtor de 2,66 ha.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define planta medicinal como sendo todo e qualquer vegetal que possui, em um ou mais órgãos, substâncias que podem ser utilizadas com fins terapêuticos ou que sejam precursores de fármacos semissintéticos (ZHANG, 1998). Em sua maioria, os princípios ativos são metabólitos secundários produzidos por um órgão de uma planta, que pode ser as folhas, flores, raízes, sementes, entre outros e, por representarem uma interface química entre as plantas e o ambiente circundante, sua síntese é frequentemente afetada por condições ambientais. As principais classes químicas de princípios ativos são alcaloides, óleos essenciais, taninos, flavonoides, cumarinas, saponinas, lactonas sesquiterpênicas, ácidos fenólicos, graxas epicuticulares, iridóides, glucosinolatos e glicosídeos cianogênicos (ANDERSON et al., 1988; GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Os principais fatores que influenciam a produção, o acúmulo e a concentração de metabólitos secundários são sazonalidade, ritmo circadiano, desenvolvimento, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, altitude, poluição atmosférica, estímulos mecânicos, ataque de patógenos e disponibilidade de nutrientes (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Com relação à disponibilidade de nutrientes, apesar da adubação química ser uma prática bastante difundida no setor agrícola, segundo Blank et al. (2006) no Brasil há pouca informação a esse respeito para plantas medicinais. Além disso, segundo Evans (1996), poucos estudos mostram relações entre pH ou microrganismos do solo e metabolismo secundário, apesar da reconhecida influência no desenvolvimento vegetal. A maioria procura estabelecer uma relação entre as disponibilidades de nitrogênio, carbono e luz (FAJER et al., 1992; KORICHEVA et al., 1998).

Observa-se que estresse nutricional usualmente resulta em aumento nas concentrações de metabólitos secundários, exceto no caso da deficiência de nitrogênio e enxofre, em que a produção de metabólitos secundários contendo estes elementos é diminuída. No caso do nitrogênio, ao mesmo tempo em que é capaz de aumentar a produção de metabólitos nitrogenados e, aliado ao fósforo, enxofre e potássio, aumentar a produção de derivados do ácido chiquímico (especialmente

ácidos cinâmicos simples e taninos hidrolisáveis e condensados), seu fornecimento abundante é conhecidamente correlacionado com menores quantidades de metabólitos fenólicos. (GERSHENZON, 1984; HÖFT et al., 1996; WATERMAN; MOLE, 1989).

Por outro lado, os metabólitos derivados do mevalonato parecem não mostrar correlações consistentes com mudanças na disponibilidade de nitrogênio, fósforo ou potássio (GERSHENZON, 1984).

Becker et al. (2000), Blank et al. (2006), Amarante et al. (2007) e Souza et al. (2010) demonstraram que a acidez do solo pode se constituir em uma grande limitação à produção de plantas medicinais, seja pela carência de nutrientes que ela representa ou por tornar ineficiente o aproveitamento pela planta. Concluíram, com isso, que a calagem, assim como para as culturas alimentícias, também é uma prática essencial para as espécies estudadas.

Resultado contrário foi obtido por COSTA et al. (2007) ao observar redução linear do crescimento de fava-d'anta (*Dimorphandra mollis*) com aumentos sucessivos da saturação por bases. Isto mostra que a relação entre acidez do solo e crescimento e produção de biomassa pode variar entre espécies, sendo que algumas podem apresentar mecanismos de tolerância mais adaptados que outras.

## 2.2 ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM

A acidez do solo é uma das principais limitações à produção vegetal na maioria das regiões tropicais e subtropicais (OLIVEIRA et al., 2005; MEURER, 2007). Sua origem se dá pela remoção de íons básicos por erosão, lixiviação, exportação pelas colheitas, reação ácida de alguns fertilizantes, nitrificação de fertilizantes amoniacais, ionização de grupos carboxílicos, fenólicos e alcoólicos da matéria orgânica, ou devido à pobreza do material de origem. A absorção radicular de cátions também reduz o pH da rizosfera, por meio de extrusão de  $H^+$ , com o objetivo de manter o equilíbrio eletroquímico da planta, desta forma contribuindo para a acidificação do solo (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

Nos solos de reação ácida, ocorre a predominância de íons  $H^+$  e  $Al^{3+}$  no complexo de troca e na solução, cujos efeitos sobre as plantas se dão na forma de déficit ou baixa disponibilidade de nutrientes essenciais e toxidez por  $Al^{3+}$  ou pelo

excesso de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Mn}^{2+}$  (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Pode-se dizer, assim, que a acidez do solo é um indicador de carência de nutrientes e presença de elementos em níveis tóxicos.

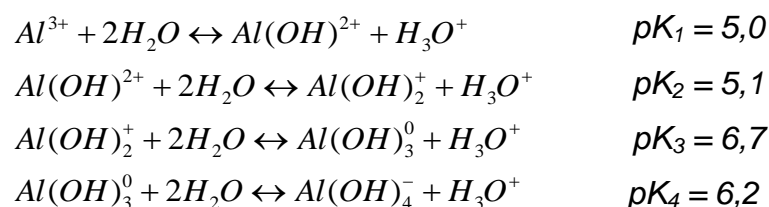
O clima quente e úmido das regiões tropicais e subtropicais favorece a acidificação desses solos, uma vez que acelera o intemperismo, propiciando intensa mineralização da matéria orgânica e lixiviação de nutrientes (BIGARELLA; BECKER; PASSOS, 1994).

A acidez do solo é classificada em dois tipos: acidez ativa e acidez potencial.

A acidez ativa é representada pela atividade de  $\text{H}^+$  na solução do solo e pode ser medida pelo pH em água ou pelo pH em  $\text{CaCl}_2$  (EMBRAPA, 2009).

A acidez potencial é formada pelo conjunto de íons e grupos funcionais que liberam  $\text{H}^+$  quando submetidos a uma elevação de pH. Desta forma, dificultam a redução da acidez, exercendo efeito tamponante da acidez ativa. O íon  $\text{Al}^{3+}$ , os íons  $\text{H}^+$  adsorvidos no complexo de troca e os radicais carboxílicos, fenólicos e alcoólicos da matéria orgânica são exemplos de agentes constituintes da acidez potencial. Sua medição é feita pelo pH em SMP e expressa em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de (H+Al) (EMBRAPA, 2009).

A espécie química  $\text{Al}^{3+}$ , além de ser integrante da acidez potencial, é tóxica às plantas, na medida em que afeta a divisão e expansão celular e causa desorganização da membrana plasmática e inibição da absorção de íons (CLARK, 1977; DELHAIZE; RYAN, 1995; KOCHIAN, 1995). Segundo Sousa et al. (2007), sua forma química varia com o aumento do pH do solo, passando de  $\text{Al}^{3+}$ , tóxica e solúvel em pH ácido, a  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , insolúvel e não tóxica às plantas, formada quando o  $\text{pH}(\text{CaCl}_2)$  atinge o nível de 5,5, conforme a sequência de reações abaixo.



A correção da acidez do solo e restituição dos nutrientes em déficit é imprescindível para que a agricultura prospere nas regiões tropicais e subtropicais. A

calagem é o procedimento que tem essa finalidade e consiste na aplicação de produto de reação alcalina, capaz de sequestrar íons  $H^+$ , elevar o pH do solo e fornecer cálcio e magnésio, que são nutrientes essenciais às plantas (KAMINSKI; VOLKWEISS; BECKER, 1989).

Como resultado da elevação do pH, o alumínio é precipitado e deixa de exercer efeito fitotóxico; o ferro e o manganês têm sua solubilidade reduzida e deixam de apresentarem-se em excesso; os fosfatos são solubilizados e sua biodisponibilidade aumentada; a atividade microbiana é favorecida e a absorção de nitrogênio pelas plantas, bem como as associações simbióticas, tornam-se mais eficientes (ECHART; CAVALLI-MOLINA, 2001; MELLO, 1987; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; SANCHES; UEHARA, 1980; SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007; TREVISAN; MATTOS; HERTER, 2002).

Blank et al. (2006) verificaram que a ausência da calagem, em um Argissolo Vermelho-Amarelo, coletado em camada subsuperficial (20-40 cm) na região de São Cristóvão-SE, foi um fator limitante para o desenvolvimento de *Melissa officinalis* L., uma vez que não houve sobrevivência das plantas nesse tratamento. Limitação semelhante foi observada por Souza et al. (2010) em estudo com *Lippia citriodora* em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico da região de Montes Claros-MG, cuja testemunha (sem calagem) teve seu desenvolvimento paralisado seguido de morte das plantas, de tal forma que os autores não tiveram condição de fazer as avaliações a que o trabalho se propunha. Em ambos os experimentos o solo encontrava-se ácido (pH em água: 4,7 e 4,6, respectivamente) e com presença de alumínio trocável (1,2 e 0,9  $cmol_c dm^{-3}$ , respectivamente).

Becker et al. (2000), estudando o efeito da calagem e de doses crescentes de nitrogênio em quebra-quebra (*Phyllanthus niruri* L.), em Cambissolo álico da região de Nazareno-MG, constataram um decréscimo linear na produção de matéria seca quando se aumentavam as doses de nitrogênio na ausência de calagem. Na presença de calagem, por outro lado, a produção tanto de matéria seca quanto de alcaloides foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio.

Amarante et al. (2007) verificaram que a calagem e a adubação fosfatada, tanto isoladamente quanto em conjunto, favoreceram o acúmulo de nutrientes e o crescimento de erva-de-São-João (*Hypericum perforatum* L.) em Cambissolo húmico álico da região de Lages-SC, sendo que o maior incremento foi

obtido na maior dose de ambas as práticas (P: 100 mg kg<sup>-1</sup> de solo; Calagem: dose necessária para atingir pH-H<sub>2</sub>O de 6,5).

### 2.3 CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO

Corretivo de acidez é todo material capaz de elevar o pH do solo, através da geração de ânions neutralizadores de H<sup>+</sup> e fornecer nutrientes essenciais às plantas, como cálcio e magnésio (ALCARDE, 2005).

Os principais ânions presentes nos materiais normalmente utilizados como corretivos de solo são carbonato, silicato, óxido e hidróxido (ALCARDE, 1983; ALCARDE, 1985).

Conforme a Tabela 1, os carbonatos estão presentes principalmente nos calcários; os silicatos, nas escórias de siderurgia e na wollastonita, uma rocha formada por silicato de cálcio; os óxidos, nas cais virgem e calcários calcinados; e os hidróxidos, nas cais hidratadas e alguns resíduos, como a lama cal e o lodo de esgoto (BRADY, 1989; BRASIL, 2010; FURTINI NETO et al., 2004; MELO et al., 1994; SIMONETE et al., 2013).

**Tabela 1** – Corretivos de acidez do solo disponíveis no mercado e seus constituintes químicos.

<b>Corretivo de acidez</b>	<b>Constituintes</b>
Calcário	CaCO <sub>3</sub> e MgCO <sub>3</sub>
Cal virgem	CaO e MgO
Cal hidratada	Ca(OH) <sub>2</sub> e Mg(OH) <sub>2</sub>
Calcário calcinado	CaCO <sub>3</sub> , MgCO <sub>3</sub> , CaO e MgO
Escórias de siderurgia	CaSiO <sub>3</sub> , MgSiO <sub>3</sub> , CaO e MgO
Lama cal	Ca(OH) <sub>2</sub> e Mg(OH) <sub>2</sub>
Lodo de esgoto	Ca(OH) <sub>2</sub> e Mg(OH) <sub>2</sub>

**Fonte:** Brady (1989); Melo et al. (1994); Furtini Neto et al. (2004); MAPA (2010); Simonete et al. (2013) – adaptado pelo autor.

O principal produto utilizado para corrigir a acidez do solo no Brasil, devido a sua abundância e preço competitivo, é o calcário, produzido por mineradoras através da lavra, moagem e tamisação de rochas calcárias. A produção, o beneficiamento e a comercialização, não só de calcário, mas dos

corretivos de acidez do solo em geral na agricultura, são regulamentados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006).

O consumo de calcário pelo setor agrícola vem crescendo a uma taxa inferior ao consumo de fertilizantes e em 2013 manteve o mesmo nível de 2012 (32 milhões de toneladas), que, embora seja o maior dos últimos 20 anos, trata-se de um patamar inferior aos 63 milhões de toneladas considerados necessários diante da área cultivada e do consumo de fertilizantes (BRASIL, 2014). Na medida em que os fertilizantes, em sua maioria, acidificam o solo, o subconsumo de calcário pode levar a um cenário de ineficiência do aproveitamento desses fertilizantes pelas culturas, indo de encontro às Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes (PROCHNOW; CASARIN; STIPP, 2010)

As rochas calcárias são formadas pelos minerais calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) e dolomita ( $\text{MgCO}_3$ ) e, por convenção, têm seus teores de cálcio e magnésio expressos em CaO e MgO (ALCARDE, 2005). Até 2006, os corretivos de acidez, incluindo o calcário, eram classificados pela legislação brasileira conforme seu teor de MgO. Assim, um calcário era denominado calcítico quando seu teor de MgO era inferior a 5% e dolomítico, quando maior que 5% (BRASIL, 2004). Nesse mesmo ano, a legislação revogou essa classificação e passou a denominar o produto de maneira genérica (“corretivo de acidez”), sendo a diferenciação feita apenas pela composição química de cada produto (BRASIL, 2006). Entretanto, corriqueiramente os produtos continuam sendo mencionados como calcítico ou dolomítico.

Recentemente, a busca por fontes alternativas de corretivos tem sido frequente e diversos trabalhos têm avaliado a capacidade de outros materiais neutralizarem a acidez do solo, fornecerem nutrientes e possuírem efeito em profundidade no perfil. São exemplos dessas fontes o calcário calcinado, resíduos urbanos, como o lodo de esgoto, e resíduos industriais, como as escórias de siderurgia e a “lama cal” da indústria de papel e celulose (ALCARDE; RODELLA, 2003; AMARAL et al., 1994; CAIRES; ROSOLEM, 1998; CARVALHO-PUPPATO; BÜLL; CRUSCIOL, 2004; MELO et al., 1994; SIMONETE et al., 2013).

Entretanto, há uma carência de estudos envolvendo as cais virgens, material oriundo da queima completa do calcário, num processo que substitui o carbonato pelo óxido.

A busca por fontes alternativas justifica-se pelo fato de o calcário ser um produto de baixa solubilidade e que precisa ser incorporado ao solo para que seja eficaz. Isto gera a necessidade de revolvimento do horizonte superficial e, portanto, vai de encontro aos preceitos conservacionistas do cultivo mínimo e do Sistema de Plantio Direto, além de possuir eficiência reduzida em culturas perenes ou semiperenes instaladas, nas quais o revolvimento do solo não é possível.

#### 2.4 CORREÇÃO DA ACIDEZ DO SOLO EM SISTEMAS CONSERVACIONISTAS E CULTIVOS PERENES E SEMIPERENES

Com o objetivo de conservar os solos, o cultivo mínimo e o Sistema de Plantio Direto (SPD), dentre outros métodos conservacionistas, têm se destacado na agricultura brasileira e no mundo. Atualmente, mais de 70% das áreas de produção de grãos do Brasil é conduzida no sistema de plantio direto (FEBRAPDP, 2015).

Esse método preconiza o mínimo revolvimento do solo, sua cobertura permanente por vegetação viva ou morta e a rotação de culturas (SILVA et al., 2009).

Em razão dos solos tropicais e subtropicais serem ácidos e apresentarem tendência de se acidificarem com o tempo e com o manejo, é muito frequente a necessidade de se corrigir essa acidez e aportar cálcio e magnésio através da aplicação de corretivos de acidez, mais comumente o calcário (PAVAN; BINGHAM; PRATT, 1985).

No SPD, o calcário é aplicado em superfície e a correção da acidez, devido à baixa solubilidade desse produto, raramente ultrapassa os 10 cm de profundidade de maneira consistente, mesmo após três anos da sua aplicação (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; KAMINSKI et al., 2005; RHEINHEIMER et al, 2000).

A cadeia produtiva de grãos possui, ainda, o agravante da busca pelo cultivo de uma quantidade de safras cada vez maior num mesmo ano agrícola, reduzindo-se os espaços de tempo entre os cultivos, aumentando-se as exportações de nutrientes e conseqüentemente aumentando a necessidade de corretivos de ação mais rápida.

As cadeias de produção de café, citros, eucalipto, pinus e bovinos a pasto também são afetadas pela baixa eficiência de corretivos de baixa solubilidade aplicados em superfície (FIDALSKI; TORMENA, 2005). Nessas culturas, faz-se a incorporação do calcário na implantação e, posteriormente, como o revolvimento do solo não é possível, qualquer iniciativa de correção de acidez tem que ser feita obrigatoriamente por aplicação superficial.

Segundo Breda Junior e Factor (2009), devido a vantagens ambientais, econômicas e principalmente de menor uso de mão de obra, o SPD tem chamado a atenção de produtores e técnicos do segmento de olericultura.

Para o cultivo de plantas medicinais, aromáticas e condimentares, não existem estatísticas de uso do SPD no Brasil, no entanto Corrêa Júnior e Scheffer (2013) orientam que o preparo de solo deve ter por base o cultivo mínimo, ou seja, o mínimo revolvimento possível do solo para o desenvolvimento e as necessidades de cada espécie, aliado a outras práticas de conservação, como preparo em nível, curvas de nível, cordão de contorno e a cobertura do solo, frequentemente cultivando adubos verdes no intervalo entre as culturas principais. Portanto, esta cadeia de produção também é influenciada pela maior ou menor solubilidade dos corretivos de acidez do solo.

Um agravante para esta última cadeia é o fato de que uma parcela significativa da produção é realizada pela agricultura familiar, em pequenas propriedades (CORRÊA JÚNIOR; SCHEFFER, 2013), em que geralmente a disponibilidade de recursos e maquinário para o preparo do solo é restrita.

O gesso agrícola constitui-se numa excelente fonte para neutralizar o alumínio tóxico em subsuperfície, o qual costuma ser um grande problema oriundo da acidez. Entretanto, esse produto não eleva o pH do solo, bem como não fornece magnésio (ZANDONÁ et al., 2015). Sendo assim, para horizontes abaixo de 20 ou 30 cm, o gesso exerce um papel adequado, mas as camadas de 10-20 cm ou 10-30 cm podem não estar sendo restituídas adequadamente.

Corretivos de maior solubilidade são capazes de corrigir o solo mais rapidamente e em camadas mais profundas quando aplicados superficialmente, na medida em que se movimentam no perfil com mais facilidade, seguindo a drenagem hídrica do solo (CASTRO; CRUSCIOL, 2013; CORRÊA et al., 2007, 2008, 2009).

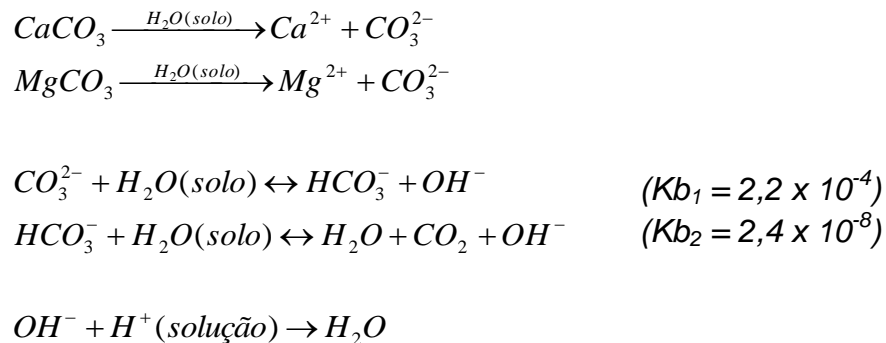
## 2.5 REATIVIDADE DOS CORRETIVOS DE ACIDEZ DO SOLO

A reatividade de um corretivo é uma propriedade que revela sua capacidade e velocidade em corrigir a acidez do solo (ALCARDE, 2005) e está diretamente relacionada à natureza química de seus constituintes e ao tamanho de suas partículas.

A natureza química dos constituintes influencia na reatividade dos corretivos, na medida em que os minerais ou moléculas químicas têm composição e estrutura bastante particulares, frequentemente apresentando solubilidades e cinéticas de dissociação distintas (ALCARDE, 1983; VELOSO et al., 1992).

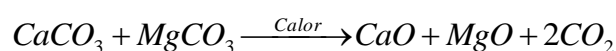
Os constituintes dos corretivos de acidez, de maneira geral, são pouco solúveis em água se comparados com compostos tradicionalmente considerados solúveis, como o cloreto de sódio, e por isso a reatividade desses materiais é altamente dependente de umidade, contato das partículas com o solo e acidez ativa presente (CALONEGO et al., 2012).

A reação do calcário no solo ocorre conforme a seguinte reação (ALCARDE, 2005):

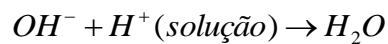
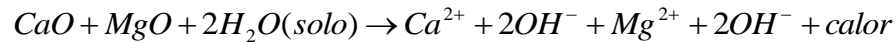


Observa-se, pelas constantes  $Kb_1$  e  $Kb_2$ , que os ânions  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{HCO}_3^{2-}$  são bases fracas, cujos pHs de equilíbrio são, respectivamente, 10,3 e 6,4.

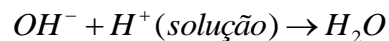
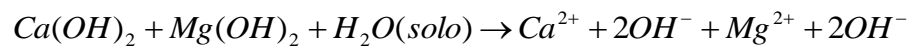
A cal virgem, mais solúvel que o calcário, é obtida a partir da queima completa do calcário em fornos industriais, a temperaturas entre 900°C e 1.000°C. Tal processo desprende  $\text{CO}_2$  da rocha e os carbonatos se transformam em óxidos, conforme a reação a seguir (ALCARDE, 2005):



A reação desse produto no solo ocorre como se segue:



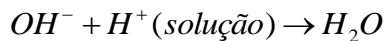
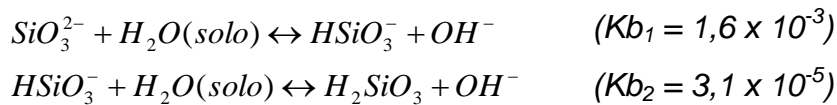
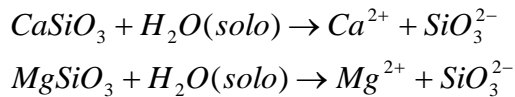
A cal hidratada é obtida a partir da hidratação da cal virgem. Com isso, os óxidos transformam-se em hidróxidos, liberando calor. A reação da cal hidratada no solo ocorre de maneira similar a da cal virgem (ALCARDE, 2005):



O calcário calcinado é obtido industrialmente pela queima incompleta do calcário. Por isso, contém tanto carbonatos quanto óxidos em sua composição e sua reação no solo ocorre conforme as reações de suas respectivas formas químicas, tendo, portanto, reatividade intermediária entre o calcário e a cal (ALCARDE, 2005).

Os silicatos de cálcio ( $CaSiO_3$ ) e magnésio ( $MgSiO_3$ ) das escórias de siderurgia e da wollastonita, reagem de maneira similar ao calcário, exceto pelo fato de que liberam o ânion  $SiO_3^{2-}$ , que, embora também seja uma base fraca, é mais forte que o  $CO_3^{2-}$  (FORTES, 2006; NOLLA; ANGHINONI, 2004). O silicato de cálcio, por exemplo, é 6,78 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio (ALCARDE; RODELLA, 2003).

A solubilidade dos silicatos presentes nas escórias é bastante variável e depende do processo industrial através do qual foram produzidos, sendo que os menos reativos são os contidos nas escórias de alto-forno, enquanto os mais reativos são os encontrados nas escórias da produção de aço inox (PEREIRA et al., 2010). As reações de dissolução e neutralização de  $H^+$  dos silicatos no solo ocorrem conforme as equações abaixo (ALCARDE, 2005):



Observa-se que as constantes  $Kb_1$  e  $Kb_2$  da reação do silicato, que resultam em pHs de equilíbrio de, respectivamente, 11,2 e 9,5, são maiores que as do carbonato, evidenciando sua maior reatividade.

Além da natureza química, o tamanho das partículas de um corretivo de acidez exerce importante influência em sua reatividade no solo. A baixa solubilidade dos materiais corretivos faz com que o contato das partículas com o solo e a presença de água sejam decisivos para que a reação ocorra. Assim, quanto mais finamente moído, maior é a área superficial de contato e, portanto, mais rápida é a reação no solo. Por outro lado, partículas muito finas têm pouca ação residual (BELLINGIERI; ALCARDE; SOUZA, 1989).

Isoladamente, nem a natureza química nem tampouco a composição granulométrica são capazes de proporcionar uma adequada avaliação da ação de um corretivo (ALCARDE, 2005). Essas características foram unidas em um índice denominado Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) (RAIJ, 1977; TISDALE; NELSON, 1975), que foi adotado pela legislação brasileira para fiscalizar a qualidade dos corretivos e revela a parcela da massa de corretivo capaz de corrigir a acidez do solo em três meses. Seu cálculo é feito pela equação a seguir.

$$PRNT = \frac{PN \times RE}{100}$$

Em que:

PN: Poder de Neutralização; e

RE: Reatividade.

O Poder Neutralização (PN) é determinado através de titulação de excesso de ácido, conforme EMBRAPA (2009), cujo resultado é transformado em equivalente  $\text{CaCO}_3$  e indica a capacidade do corretivo em neutralizar a acidez dos solos. Indiretamente, indica tanto a natureza química quanto a pureza do material no que se refere à presença de minerais neutralizantes, bem como de impurezas, como sílica.

A Reatividade (RE) é determinada pelo fracionamento granulométrico da massa de corretivo e multiplicação da porcentagem de cada fração por uma taxa de reatividade preestabelecida, conforme equação abaixo (EMBRAPA, 2009). Esse fracionamento se faz utilizando-se uma sequência de peneiras, estabelecida pela legislação, de malhas malhas de 2,00 mm, 0,84 mm e 0,30 mm, que correspondem a 10, 20 e 50 *mesh*, unidade utilizada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para tal finalidade. Assim, ao passar o corretivo *in natura* por esse conjunto de três peneiras, obtém-se a separação de quatro tamanhos de partícula: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm (EMBRAPA, 2009).

$$RE = (0,0 \times F1) + (0,2 \times F2) + (0,6 \times F3) + (1,0 \times F4)$$

Em que:

F1: fração > 2,00 mm

F2: fração 2,00-0,84 mm

F3: fração 0,84-0,30 mm

F4: fração < 0,30 mm

Constantes (0,0; 0,2; 0,6; 1,0): taxas de reatividade das respectivas frações granulométricas em três meses.

A legislação brasileira (BRASIL, 2006) estabelece níveis mínimos de PN para cada tipo de material corretivo (67% para calcário, 80% para calcário calcinado, 94% para cal hidratada, 125% para cal virgem e 67% para os outros corretivos de acidez).

Para o fracionamento, Brasil (2006) estabeleceu quantidades mínimas que devem passar por cada peneira (100% na de 2,00 mm, 70% na de 0,84

mm e 50% na de 0,30 mm) e atribuiu uma taxa de reatividade a cada fração granulométrica, estabelecendo qual a porcentagem de cada fração que reage num período de três meses. Essas taxas são 0%, 20%, 60% e 100%, respectivamente para as frações > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm.

Assim, quanto maior a concentração de minerais neutralizantes e mais finamente moído for o corretivo, maior é seu PRNT e, portanto, maior é sua reatividade no solo.

O PRNT é comumente utilizado para ajustar as doses calculadas pelos métodos de recomendação de calagem, na medida em que estes calculam uma dose considerando um corretivo padrão de PRNT = 100% (EMBRAPA, 2005).

Como as taxas de reatividade das frações granulométricas foram estabelecidas para os calcários, pode-se cogitar que corretivos de natureza química distinta possam apresentar taxas distintas. Isto foi verificado por Deus et al. (2014), que, ao estudarem a reatividade de frações granulométricas de silicatos e carbonatos em Latossolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico e Argissolo, encontraram maior taxa de reatividade dos silicatos, principalmente de partículas de maior diâmetro, fazendo com que a dosagem dessas fontes, quando calculadas seguindo os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira, seja superior à efetivamente necessária para corrigir a acidez do solo.

Resultado similar foi obtido por Ramos et al. (2006), em condições controladas, e Corrêa et al. (2007), em condição de campo.

A cal virgem, proveniente da queima do calcário, possui natureza química distinta da rocha de origem (PEREIRA, 2002). Devido a essa diferença e ao fato de se tornar um material mais poroso (PIMENTEL, 2015), supõe-se que suas frações granulométricas podem apresentar solubilidades distintas das do calcário, o que alteraria suas taxas de reatividade e, por fim, seu PRNT. Assim, para cal virgem, utilizar taxas de reatividade calibradas para calcário agrícola pode estar subestimando sua eficiência agrônômica, assim como mencionado para os silicatos.

Bellingieri et al. (1992) obtiveram maior reatividade de um calcário dolomítico calcinado em comparação a um calcário dolomítico comum, em Latossolo Vermelho Escuro, textura média, sendo que aquele proporcionou um incremento de 14% na produtividade da soja cultivada no primeiro ano agrícola após a aplicação.

## 2.6 MÉTODOS PARA RECOMENDAÇÃO DE CALAGEM NO BRASIL

A agricultura brasileira utiliza atualmente diferentes métodos para avaliar a necessidade de calagem e calcular as doses necessárias. Cada método tem sua aplicação predominante em determinadas regiões (CAMPANHARO et al, 2007; EMBRAPA, 2015).

### 2.6.1 Neutralização do alumínio

Esse critério é mais usado no Cerrado e tem como objetivo calcular uma dose para neutralizar o alumínio do solo (EMBRAPA, 2015).

$$NC(t/ha) = \frac{Al}{100} \times f$$

Em que:

NC(t/ha): necessidade de calagem, em t ha<sup>-1</sup> (a 20 cm)

Al: teor de alumínio, em cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>

f: 1,5 para culturas tolerantes a acidez (Ex: gramíneas)

f: 2,0 para culturas não tolerantes a acidez (Ex: leguminosas)

Com o tempo, o método passou por ajustes regionais, mas o princípio permanece o mesmo, o de que 1 t ha<sup>-1</sup> de calcário, em 20 cm de solo (massa específica = 1 kg dm<sup>-3</sup>), aporta 1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, que neutraliza 1 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> de Al<sup>3+</sup>.

A dose é calculada considerando-se PRNT = 100%. Portanto, é necessário ajustar a dose para o PRNT do produto a ser utilizado.

### 2.6.2 Solução tampão SMP

Utilizado nos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, este método leva em consideração a capacidade tampão de acidez do solo, ou seja, a acidez potencial. As doses são determinadas através de uma tabela em que se

entra com o resultado da análise do pH(SMP) (EMBRAPA, 2009) e o pH do solo almejado, e se obtém a dose de calcário a ser utilizada.

Neste método, a dose também é calculada considerando-se PRNT = 100%. Portanto, é necessário ajustar a dose para o PRNT do produto que irá ser utilizado.

### 2.6.3 Saturação por bases

Inicialmente esse método foi utilizado em São Paulo e posteriormente o Paraná o adotou para os cálculos de recomendação de calagem. Seu princípio é fundamentado na relação existente entre a saturação por bases e o pH do solo. Sendo assim, foram estabelecidos níveis ideais para cada cultura, em cada região (LOPES; SILVA; GUILHERME, 1990).

$$NC(t/ha) = \frac{(V_2 - V_1) \times T}{100} \times f$$

Em que:

NC(t/ha): necessidade de calcário, em t ha<sup>-1</sup> (a 20 cm)

T: capacidade de troca de cátions total (a pH = 7,0)

V<sub>2</sub>: saturação por bases desejada para a cultura a ser implantada

V<sub>1</sub>: saturação por bases atual do solo

f: 100/PRNT

### 3 ARTIGO – REATIVIDADE DE FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DE CAL VIRGEM DOLOMÍTICA E CALCÁRIO DOLOMÍTICO EM UM LATOSSOLO VERMELHO DISTROFÉRRICO.

#### 3.1 RESUMO

A acidez do solo é uma limitação importante à produção agrícola e fontes mais reativas que o calcário têm sido estudadas como alternativa para corrigi-la mais rapidamente e em maior profundidade quando aplicadas em superfície. O objetivo deste trabalho foi avaliar, em laboratório, a reatividade de frações granulométricas de cal em comparação ao calcário, em quatro tempos de incubação. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x4 (2 fontes: cal virgem dolomítica e calcário dolomítico; 4 frações granulométricas: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm; e 4 tempos de incubação: 30, 60, 90 e 120 dias) com 4 repetições. Um tratamento referência, sem adição de corretivo de acidez e composto por 4 repetições, foi instalado para acompanhar a flutuação natural das variáveis químicas do solo. Foi calculada a necessidade de calagem para elevar a saturação por bases para 70% e as doses das frações de cada fonte foram obtidas ajustando-se a necessidade pelos respectivos Poderes de Neutralização (PN). Foi utilizado um Latossolo Vermelho distroférico (LVd), textura argilosa, coletado na camada 00-20 cm de uma fazenda produtora de grãos e mantido com umidade em 60% da capacidade máxima de retenção de água durante todo o experimento. A cada avaliação, o solo foi analisado quimicamente e os atributos saturação por bases, pH (CaCl<sub>2</sub>), Ca, Mg e Al foram utilizados para avaliar a reatividade dos tratamentos. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. A reação da cal virgem dolomítica foi menos dependente de granulometria e tempo do que a do calcário dolomítico. As frações granulométricas > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm e 0,84-0,30 mm de cal virgem dolomítica foram mais reativas que as frações correspondentes de calcário dolomítico. Com exceção da fração mais fina, as demais frações da cal virgem dolomítica foram os únicos tratamentos que atingiram a saturação por bases almejada. Todas as frações da cal virgem dolomítica neutralizaram a acidez trocável do solo já aos 30 dias de incubação.

**Palavras-chave:** Acidez do solo. Aplicação superficial. Calagem. Eficiência relativa. Plantio direto. PRNT.

### 3.2 ABSTRACT

Soil acidity is an important limitation to agricultural production and sources more reactive than limestone are being studied as an alternative to neutralize it more quickly and in deeper layers when applied on the surface. The goal of this work was to evaluate, in the laboratory, the reactivity of particle size fractions of quicklime compared to limestone in four incubation periods. The experiment was carried out in a completely randomized 2x4x4 factorial design (2 sources: a dolomitic limestone and a dolomitic quicklime; 4 particle size fractions: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm and < 0,30 mm; and 4 incubation periods: 30, 60, 90 and 120 days) with 4 replications. A reference treatment, with no addition of lime and with 4 replications, has been set up in order to assess the natural oscillation of the soil chemical attributes. The lime necessity to increase the bases saturation of the soil to 70% has been calculated and the rates of the particle size fractions of each source have been obtained by adjusting the necessity to the respective Calcium Carbonate Equivalent (CCE). The soil used was a clay dystroferric Red Latossol, collected from the 00-20 cm layer of a grain farm, which had its moisture content maintained at 60% of its maximum water holding capacity. In each evaluation the soil was chemically analyzed and the attributes bases saturation, pH (CaCl<sub>2</sub>), Ca, Mg and Al were used to evaluate the reactivity of the treatments. The data were submitted to analysis of variance and the means were compared through the Tukey test at 5% probability. The reaction of the dolomitic quicklime was less dependent of particle size and time than that of dolomitic limestone. The particle size fractions > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm and 0,84-0,30 mm of the dolomitic quicklime were more reactive than the corresponding fractions of the dolomitic limestone. Except for the thinner one, the other fractions of the dolomitic quicklime were the only treatments that reached the aimed bases saturation. All the fractions of the dolomitic quicklime neutralized the exchangeable acidity of the soil already at the 30<sup>th</sup> day of incubation.

**Keywords:** ECC. Liming. No-till. Relative efficiency. Soil acidity. Surface application.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A acidez do solo constitui-se em uma importante limitação à produção agrícola em regiões tropicais e subtropicais. Solos ácidos são caracterizados por baixos teores de Ca, Mg e K, e níveis tóxicos de Al e micronutrientes metálicos (Cu, Fe, Mn e Zn) (OLIVEIRA et al., 2005; MEURER, 2007; SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007) .

O calcário agrícola, produto da moagem de rocha calcária, devido a sua abundância e baixo custo, é o principal corretivo de acidez do solo utilizado no Brasil. Por ser uma fonte de baixa solubilidade, sua reatividade depende de sua pureza, granulometria, contato com as partículas do solo e umidade (BELLINGIERI; ALCARDE; SOUZA, 1989; CALONEGO et al., 2012; KURIHARA et al., 1999, NATALE; COUTINHO, 1994; SOUZA; NEPTUNE, 1979; VERLENGIA; GARGANTINI, 1972).

A qualidade de um corretivo é avaliada, em laboratório, pelas análises de Ca e Mg, expressos em CaO e MgO; umidade, determinada pela massa perdida a 105-110°C e expressa em porcentagem; Poder de Neutralização (PN), determinado por titulometria e expresso em porcentagem equivalente de CaCO<sub>3</sub>; e granulometria, determinada passando-se uma massa conhecida de calcário por uma série de peneiras, de malhas preestabelecidas, mensurando-se a quantidade retida e passante por cada uma delas (EMBRAPA, 2009). A cada fração granulométrica é atribuída uma taxa de reatividade, ou eficiência relativa, fixada por lei, que é usada para calcular a Reatividade (RE) de um corretivo. A multiplicação de RE e PN resulta no Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT), expresso em porcentagem e que corresponde à parcela do corretivo capaz de corrigir o solo em um período de 90 dias (BRASIL, 2006).

Quanto maior o PN de um corretivo, mais finamente moído e mais homogeneamente distribuído no solo, na presença de umidade, maior é a velocidade de dissolução e liberação de ânions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e OH<sup>-</sup>, responsáveis pela neutralização de H<sup>+</sup> e conseqüente elevação do pH do solo, precipitação do Al tóxico, insolubilização do excesso de micronutrientes e aporte de Ca e Mg (KAMINSKI; VOLKWEISS; BECKER, 1989). O efeito residual de um corretivo está diretamente ligado a sua granulometria, sendo que produtos finamente moídos

possuem reação rápida com pouco efeito residual, ao passo que produtos contendo partículas mais grosseiras reagem mais lentamente, mas possuem maior efeito residual.

Com a adoção e expansão do Sistema de Plantio Direto (SPD), o calcário deixou de ser incorporado ao solo e passou a ser aplicado na superfície, reduzindo significativamente sua área de contato e logo sua eficiência, principalmente em corrigir camadas abaixo de 10 cm de profundidade (CAIRES; BANZATTO; FONSECA, 2000; KAMINSKI et al., 2005; RHEINHEIMER et al, 2000). Como alternativa, diversas fontes têm sido estudadas e comparadas ao calcário, tais como resíduos urbanos, a exemplo do lodo de esgoto, e resíduos industriais, como as escórias de siderurgia e a lama cal da indústria de celulose (ALCARDE; RODELLA, 2003; AMARAL et al., 1994; CAIRES; ROSOLEM, 1998; CARVALHO-PUPPATO; BÜLL; CRUSCIOL, 2004; MELO et al., 1994; SIMONETE et al., 2013). Os resultados têm sido promissores, uma vez que têm mostrado maior solubilidade e, portanto, maior reatividade dessas fontes, com maior capacidade de corrigir a acidez do solo mais rapidamente e em maior profundidade.

Uma vez que são raros estudos dedicados a produtos provenientes da calcinação do calcário, como o calcário calcinado, a cal virgem e a cal hidratada, o objetivo deste trabalho foi avaliar, em laboratório, a reatividade de frações granulométricas de uma cal virgem dolomítica em comparação a um calcário dolomítico de mesma origem, em um Latossolo Vermelho distroférico (LVd) de textura argilosa.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um laboratório de análises agronômicas localizado no município de Londrina-PR, entre os meses de Agosto e Dezembro de 2015.

Foi utilizado Latossolo Vermelho distroférico (LVd) de textura argilosa, coletado em uma fazenda produtora de grãos localizada na região de Cornélio Procópio-PR, a 23°18'57,3'' de latitude sul e 50°36'05,2'' de longitude oeste. O Sistema de Plantio Direto foi implantado na área em 1994. A última calagem e preparo do solo antes deste experimento ocorreram em 1990, com a

aplicação de  $2 \text{ t ha}^{-1}$  de lama cal, seguida de incorporação a 20 cm de profundidade utilizando uma grade aradora. A sequência de culturas semeadas desde a safra de verão 2009/2010, respectivamente no verão e no inverno, foi soja – aveia preta – milho – trigo – soja – trigo – soja – trigo – soja – milho – soja. Em Junho de 2015, após a retirada dos resíduos de soja da superfície, o solo foi coletado na camada de 0 a 20 cm e analisado conforme EMBRAPA (2009). Foram determinadas as quantidades de areia, silte e argila, o pH ( $\text{CaCl}_2$ ), os teores de matéria orgânica, Ca, Mg, K, P, P Remanescente, Al e H+Al. Os resultados são apresentados na Tabela 2.

As parcelas experimentais foram compostas por saquinhos plásticos transparentes, de 13 cm de comprimento, 3,8 cm de largura e 4L de volume, preenchidos com 300 g solo seco ao ar até peso constante e peneirado em malha de 2,0 mm (terra fina seca ao ar – TFSA).

**Tabela 2** – Análises granulométrica e química do Latossolo Vermelho distroférico (LVd) utilizado no experimento. Cornélio Procópio, PR.

pH ( $\text{CaCl}_2$ )	MO* ( $\text{g dm}^{-3}$ )	H+Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	Ca <sup>2+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	Mg <sup>2+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	K <sup>+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )
4,15	31,76	8,48	2,80	0,74	0,63
P extraível ( $\text{mg dm}^{-3}$ )	P-rem** ( $\text{g dm}^{-3}$ )	V (%)	Al <sup>3+</sup> ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	CTC (pH7) ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ )	
11,78	11,01	32,97	0,90	12,66	
Areia ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Silte ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Argila ( $\text{g kg}^{-1}$ )	Classe textural		
380	113	849	Muito argiloso		

\*Matéria orgânica. \*\*Fósforo remanescente. Extratores: pH,  $\text{CaCl}_2$ ; MO, Walkley-Black; Ca-Mg-K, KCl 1N; P extraível, Mehlich-1; P-Rem, Mehlich-1.

**Fonte:** o próprio autor.

Antes da instalação do experimento, com a finalidade de estabelecer uma rotina de rega para manter a umidade do solo dentro de uma faixa que promovesse condições satisfatórias para a reação dos corretivos com o solo, foi mensurada sua capacidade máxima de retenção de água (CMRA). Para tanto, foram colocados 200 g de TFSA em um funil de Büchner contendo papel filtro quantitativo faixa branca, acoplado a um erlenmeyer de vidro de 500 mL. Adicionou-se água

gradualmente ao solo, molhando toda a superfície exposta, pausadamente, respeitando o tempo de infiltração e retenção, até que se verificasse a drenagem da primeira gota, momento em que se interrompeu a adição de água e o solo úmido foi pesado. A diferença entre as massas úmida e seca foi considerada como sendo a capacidade máxima de retenção de água (CMRA) do solo, cujo resultado foi de 100 g, ou seja, 50% da massa seca.

Foram utilizados dois corretivos de acidez do solo, cal virgem dolomítica e calcário dolomítico, ambos provenientes da mesma rocha e fornecidos por uma mineradora localizada no município de Rio Branco do Sul-PR, a 25°11'46,2'' de latitude sul e 49°18'40,9'' de longitude oeste. Os corretivos foram peneirados e quatro frações granulométricas foram utilizadas para compor os tratamentos (retidas nas peneiras ABNT-10, ABNT-20, ABNT-50 e passante pela ABNT-50, correspondentes aos diâmetros > 2,00, 2,00-0,84, 0,84-0,30 e < 0,30 mm, respectivamente), as mesmas preconizadas pela legislação para a fiscalização do comércio desse tipo de produto. As frações foram analisadas conforme EMBRAPA (2009) para a determinação do Poder de Neutralização (PN), dos teores de Ca e Mg (expressos em CaO e MgO) e da soma de óxidos, cujos resultados são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Composição química das frações granulométricas do calcário agrícola e da cal agrícola utilizados no experimento.

Fração granulométrica	Peneira ABNT <sup>1</sup>	CaO (%)	MgO (%)	Soma de óxidos (%)	PN <sup>2</sup> (%Eq. CaCO <sub>3</sub> )
Calcário dolomítico					
> 2,00 mm	10	29	21	50	90
2,00 – 0,84 mm	20	33	22	55	98
0,84 – 0,30 mm	50	32	22	54	99
< 0,30 mm	FP	34	23	57	99
Cal virgem dolomítica					
> 2,00 mm	10	37	25	62	111
2,00 – 0,84 mm	20	37	23	60	113
0,84 – 0,30 mm	50	43	25	68	120
< 0,30 mm	FP	46	21	67	152

<sup>1</sup> FP = fundo de peneira. <sup>2</sup> Poder de neutralização.

**Fonte:** o próprio autor.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4x4 (2 fontes: cal virgem dolomítica e calcário dolomítico; 4 frações granulométricas: > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm; 4 tempos de incubação: 30, 60, 90 e 120 dias) com 4 repetições, totalizando 128 parcelas. Um tratamento referência, sem adição de corretivo e com 4 repetições, foi instalado para acompanhar a flutuação natural das variáveis químicas do solo, cujos resultados encontram-se na Tabela 4.

Através da metodologia de Catani e Gallo (1955), foi calculada a dose de corretivo necessária para elevar a saturação por bases do solo para 70%. Para aplicar quantidades equivalentes de material neutralizante entre os tratamentos, essa dose foi corrigida pelo PN de cada fração granulométrica. As doses e as quantidades de Ca e Mg aportadas são apresentadas na Tabela 5.

**Tabela 4** – Variáveis químicas (saturação por bases, pH-CaCl<sub>2</sub>, Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) analisadas no tratamento referência (sem adição de corretivo de acidez) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a instalação do experimento.

Variável	Tempo de incubação			
	30	60	90	120
Saturação por bases (%)	32,6	33,7	31,6	31,2
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,08	4,17	3,94	4,23
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,65	0,70	0,58	0,53
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,62	2,81	2,58	2,73
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,68	0,74	0,71	0,79

Os valores apresentados são médias de 4 repetições.

**Fonte:** o próprio autor

Após pesados, os corretivos foram adicionados ao solo e misturados homogeneamente, agitando-se o saquinho plástico levemente com as mãos, de forma a evitar que partículas de calcário ou de cal se quebrassem.

Em seguida, as parcelas foram umedecidas com 60 g de água destilada (60% da CMRA) e dispostas aleatoriamente em uma bancada coberta, a temperatura ambiente, onde permaneceram até o fim do experimento. Os sacos foram mantidos abertos e, semanalmente, foram pesados individualmente. A

umidade perdida foi repostada com água destilada, a fim de manter as parcelas com 60% da CMRA durante todo o experimento.

**Tabela 5** – Doses ( $t\ ha^{-1}$ ) e quantidades de  $Ca^{2+}$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) e  $Mg^{2+}$  ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ) aportadas pelas frações granulométricas de calcário dolomítico e cal virgem dolomítica, corrigidas pelos respectivos Poderes de Neutralização (PN).

Fração granulométrica	Peneira ABNT <sup>1</sup>	Dose ( $t\ ha^{-1}$ )	$Ca^{2+}$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )	$Mg^{2+}$ ( $cmol_c\ dm^{-3}$ )
Calcário dolomítico				
> 2,00 mm	10	5,2	2,70	2,69
2,00-0,84 mm	20	4,8	2,76	2,66
0,84-0,30 mm	50	4,7	2,70	2,63
< 0,30 mm	FP	4,7	2,87	2,68
Cal virgem dolomítica				
> 2,00 mm	10	4,2	2,79	2,67
2,00-0,84 mm	20	4,2	2,72	2,37
0,84-0,30 mm	50	3,9	2,97	2,42
< 0,30 mm	FP	3,1	2,55	1,62

<sup>1</sup>FP = fundo de peneira.

**Fonte:** o próprio autor.

Em cada tempo de incubação, o solo foi analisado conforme metodologia de EMBRAPA (2009). Foram analisadas as variáveis pH ( $CaCl_2$ ), Ca, Mg e Al. Utilizou-se, ainda, a saturação por bases (V%) como variável. As leituras de pH ( $CaCl_2$ ) foram feitas em peagâmetro da marca Mettler Toledo<sup>®</sup>, modelo Seven Easy, equipado com eletrodo de mesma marca, modelo InLab<sup>®</sup> Easy BCN; as de Ca e Mg, em espectrofotômetro de emissão atômica (ICP-OES) da marca PerkinElmer<sup>®</sup>, modelo Optima 8300 DV; e as de Al, em espectrofotômetro da marca Femto<sup>®</sup>, modelo 600S.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do teste F ao nível de 5% de significância. Realizaram-se os testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias de Bartlett (BANZATTO; KRONKA, 2006). As variáveis Ca, Mg e Al violaram os pressupostos da análise de variância e por isso foram submetidas a transformação pela metodologia de Box e Cox (BOX; COX, 1964), que proporcionou as condições necessárias para análise. As médias

foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 6 apresenta os resultados da saturação por bases, pH ( $\text{CaCl}_2$ ), teores de Ca, Mg e Al dos tratamentos com calcário e cal na média das frações granulométricas e dos tempos de incubação.

**Tabela 6** – Saturação por bases (%), pH ( $\text{CaCl}_2$ ) e teores de Ca ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ), Mg ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e Al ( $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) em Latossolo Vermelho distroférrico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (> 2,00 mm; 2,00-0,84 mm; 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV).

Fonte	V%	pH ( $\text{CaCl}_2$ )	Ca	Mg	Al
CD	49,8 b	4,47 b	3,89 b	1,90 b	0,23 a
CV	65,8 a	5,06 a	5,04 a	3,26 a	0,01 b
F	916,61**	435,06**	291,74**	571,64**	1.651,39**
CV%	4,72	3,09	6,49	17,21	11,12

Médias com letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (\*\*) de probabilidade. As variáveis Ca, Mg e Al foram transformadas pela metodologia de Box e Cox (BOX; COX, 1964) para análise ( $\lambda$ -Ca = 0,883838;  $\lambda$ -Mg = 0,782828;  $\lambda$ -Al = -2,5). Para a transformação do Al, foi somado 0,5 aos valores originais. Os valores apresentados são os originais, obtidos a partir da análise química do solo.

**Fonte:** o próprio autor.

A cal se mostrou significativamente mais reativa do que o calcário, proporcionando maior saturação por bases, maiores teores de Ca e Mg, e menores níveis de acidez ativa (pH- $\text{CaCl}_2$ ) e trocável (Al). Esse resultado era esperado, uma vez que o processo de fabricação da cal altera a natureza química dos minerais e a porosidade da rocha, transformando os carbonatos de Ca e Mg em óxidos de Ca e Mg, tornando a rocha calcinada (cal) mais solúvel que sua forma *in natura* (calcário) (SOUZA; BRAGANÇA, 2013). Resultados semelhantes foram obtidos por Deus et al.

(2014), estudando a reatividade de frações granulométricas de fontes corretivas silicatadas.

As Tabelas 7 e 8, e a Figura 1, apresentam o desdobramento das frações granulométricas e dos tempos de incubação.

**Tabela 7** – Saturação por bases (%) e pH ( $\text{CaCl}_2$ ) em Latossolo Vermelho distroférrico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV).

Fonte	Fração granul.	Tempo de incubação				Regr. ( $R^2$ )
		30	60	90	120	
<b>Saturação por bases (%)</b>						
CD	F1	41,5 eA	41,5 dA	39,3 eA	38,7 eA	Q (0,87)
CD	F2	41,5 eA	41,1 dA	43,5 eA	42,5 eA	Q (0,48)
CD	F3	48,4 dB	52,1 cAB	56,7 dA	55,7 cA	Q (0,95)
CD	F4	62,4 bcA	63,5 bA	65,3 bcA	62,7 bA	Q (0,76)
CV	F1	58,8 cA	48,1 cB	60,0 cdA	49,3 dB	--
CV	F2	67,7 abA	68,6 abA	69,7 abA	66,9 abA	Q (0,81)
CV	F3	71,1 aA	70,9 aA	72,9 aA	70,7 aA	Q (0,35)
CV	F4	71,1 aA	69,3 aA	69,6 aA	67,8 aA	L (0,84)
F = 3,43**; CV% = 4,72						
<b>pH (<math>\text{CaCl}_2</math>)</b>						
CD	F1	4,23 eA	4,24 dA	4,01 eA	4,16 eA	Q (0,43)
CD	F2	4,23 eA	4,25 dA	4,11 deA	4,22 deA	Q (0,29)
CD	F3	4,36 deB	4,54 dAB	4,40 cdAB	4,63 cA	L (0,48)
CD	F4	5,16 bA	5,21 cA	4,83 bB	4,96 bAB	L (0,51)
CV	F1	4,82 cA	4,49 dB	4,45 cB	4,52 cdB	Q (0,98)
CV	F2	4,67 cdC	5,23 bcA	4,95 abB	5,04 bAB	Q (0,55)
CV	F3	4,71 cC	5,55 abA	5,27 aB	5,38 aAB	Q (0,71)
CV	F4	5,63 aA	5,56 aA	5,19 aB	5,47 aA	Q (0,60)

F = 4,07\*\*; CV% = 3,09

Médias, dentro de cada variável, com letras minúsculas iguais nas colunas e maiúsculas iguais nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (\*\*) de probabilidade. Regr. = Tipo de regressão (L = linear; Q = quadrática).  $R^2$  = coeficiente de determinação da regressão.

**Fonte:** o próprio autor.

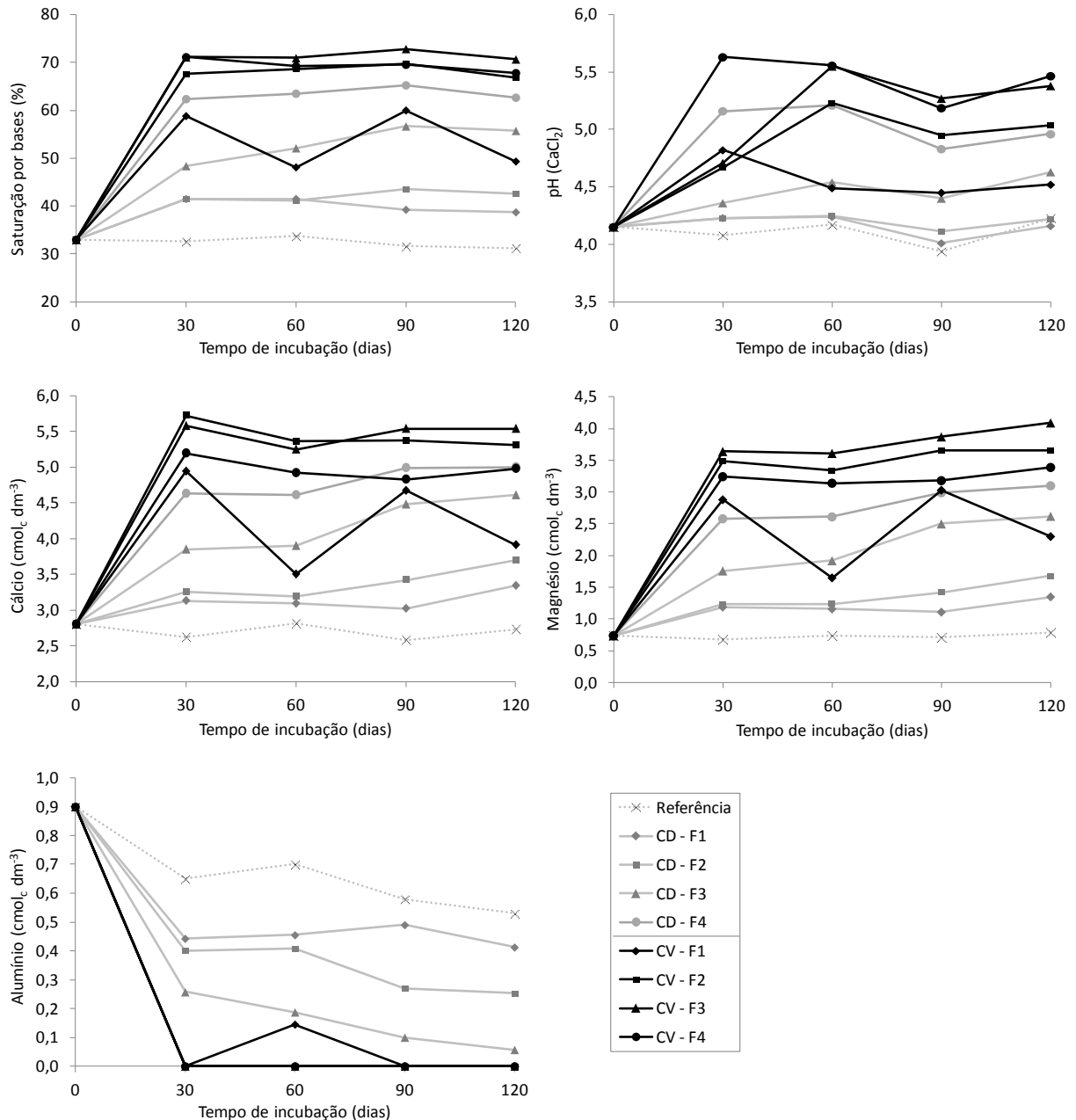
**Tabela 8** – Teores de Ca ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ), Mg ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) e Al ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ) em Latossolo Vermelho distroférrico (LVd) incubado por 30, 60, 90 e 120 dias após adição de doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV).

Fonte	Fração granul.	Tempo de incubação				Regr. ( $R^2$ )
		30	60	90	120	
<b>Ca (<math>\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}</math>)</b>						
CD	F1	3,13 dA	3,09 dA	3,02 dA	3,34 dA	Q (0,85)
CD	F2	3,25 dA	3,19 cdA	3,42 dA	3,70 dA	Q (0,98)
CD	F3	3,85 dC	3,90 bcBC	4,48 cAB	4,61 bcA	L (0,89)
CD	F4	4,63 cB	4,61 abB	4,99 abcAB	5,00 abA	L (0,79)
CV	F1	4,94 bcA	3,50 cdB	4,67 bcA	3,91 cdB	--
CV	F2	5,72 aA	5,36 aA	5,37 abA	5,31 abA	Q (0,91)
CV	F3	5,58 abA	5,25 aA	5,54 aA	5,54 aA	Q (0,41)
CV	F4	5,20 abcA	4,92 aA	4,83 abcA	4,98 abA	Q (0,99)
F = 1,93*; CV% = 6,49						
<b>Mg (<math>\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}</math>)</b>						
CD	F1	1,19 eA	1,16 dA	1,11 eA	1,35 eA	Q (0,85)
CD	F2	1,23 deA	1,24 dA	1,42 eA	1,68 eA	Q (0,99)
CD	F3	1,76 dB	1,92 cB	2,50 dA	2,62 cdA	L (0,93)
CD	F4	2,58 cB	2,61 bB	2,99 cdA	3,10 bcA	L (0,90)
CV	F1	2,88 bcA	1,65 cdC	3,03 bcdA	2,30 dB	--
CV	F2	3,49 abA	3,34 aA	3,66 abA	3,66 abA	Q (0,56)
CV	F3	3,64 aA	3,61 aA	3,87 aA	4,09 aA	Q (0,96)
CV	F4	3,24 abA	3,14 abA	3,18 bcA	3,39 bA	Q (0,99)
F = 3,07**; CV% = 17,21						
<b>Al (<math>\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}</math>)</b>						
CD	F1	0,44 aA	0,46 aA	0,49 aA	0,41 aA	Q (0,71)
CD	F2	0,40 abAB	0,41 aA	0,27 aBC	0,25 aC	L (0,82)
CD	F3	0,26 bA	0,19 bA	0,10 bB	0,06 cB	Q (0,99)
CD	F4	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	--
CV	F1	0,00 cB	0,15 bA	0,00 cB	0,00 cB	--
CV	F2	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	--
CV	F3	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	--
CV	F4	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	0,00 cA	--
F = 13,22**; CV% = 11,12						

Médias com letras minúsculas iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% (\*\*) ou 5% (\*) de probabilidade. As variáveis foram transformadas pela metodologia de Box e Cox (BOX; COX, 1964) para análise ( $\lambda$ -Ca = 0,883838;  $\lambda$ -Mg = 0,782828;  $\lambda$ -Al = -2,5). Para a transformação do Al, foi somado 0,5 aos valores originais. Regr. = Tipo de regressão (L = linear; Q = quadrática).  $R^2$  = coeficiente de determinação da regressão.

**Fonte:** o próprio autor.

**Figura 1** – Saturação por bases (%), pH (CaCl<sub>2</sub>) e teores de Ca (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), Mg (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) e Al (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em Latossolo Vermelho distroférico (LVd) aos 0, 30, 60, 90 e 120 dias após incubação sem corretivo (Referência) ou com doses equivalentes de frações granulométricas (F1: > 2,00 mm; F2: 2,00-0,84 mm; F3: 0,84-0,30 mm e F4: < 0,30 mm) de calcário dolomítico (CD) e cal virgem dolomítica (CV).



Observa-se que a reação de ambas as fontes é dependente da granulometria e do tempo, sendo que, de maneira geral, quanto menor a partícula e maior o tempo de incubação, maior o efeito sobre os atributos químicos do solo. Essa dependência da granulometria e do tempo para o calcário foi observada por

diversos autores, como Bellingieri, Alcarde e Souza (1989), Kurihara et al. (1999), Natale e Coutinho (1994), Souza e Neptune (1979) e Verlengia e Gargantini (1972). Entretanto, a cal apresenta menor dependência da granulometria do que o calcário, na medida em que, dentro de cada tempo, os resultados dos atributos para a cal foram mais próximos entre si do que para o calcário, principalmente nas três frações mais finas (2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm).

A dependência do tempo variou entre frações, porém a cal, da mesma forma que com a granulometria, mostrou ser menos dependente desse fator do que o calcário. A reação de todas as frações da cal foi expressiva já aos 30 dias, principalmente da saturação por bases, do Ca, Mg e Al, que apresentaram valores muito próximos entre frações, tendo pequena variação a partir desse ponto até o fim do experimento, com exceção da fração mais grosseira (> 2,00 mm), que apresentou considerável variação.

Essa elevada variabilidade na reação das partículas mais grosseiras de cal possivelmente decorre da desuniformidade do processo de calcinação, que pode levar a composições químicas e porosidades distintas entre partículas de maior diâmetro. Uma segunda hipótese seria de que algumas partículas dessa fração podem ter se quebrado durante a instalação ou condução do experimento, proporcionando maior reatividade às parcelas em que isso ocorreu. Como o experimento continha parcelas separadas para cada tempo de incubação, é plausível que isso possa ter ocorrido em algumas em detrimento de outras. Entretanto, o coeficiente de variação entre as repetições foi baixo (2% para o pH-CaCl<sub>2</sub> aos 60 dias, 16% para o Mg no mesmo tempo, e 12% e 17% para o Ca aos 60 e 120 dias, respectivamente), fornecendo maior sustentação à primeira hipótese. De qualquer forma, esse assunto necessita de estudos mais detalhados para um melhor entendimento.

Para o calcário, a fração mais fina foi pouco dependente do tempo, exercendo a maior parte do seu efeito até os 30 dias. A segunda fração mais fina (0,84-0,30 mm) foi a mais dependente do tempo, apresentando efeito progressivo durante todo o experimento. A terceira fração mais fina (0,84-2,00 mm) apresentou pouca variação entre os 30 e 60 dias, mas continuou a reação até os 120 dias, exceto para o pH (CaC<sub>2</sub>), que teve pouca variação. A fração mais grosseira

apresentou pouco efeito sobre os atributos avaliados e foi pouco dependente do tempo.

O pH ( $\text{CaCl}_2$ ), nas frações intermediárias (2,00-0,84 mm e 0,84-0,30 mm) de cal, apresentou uma defasagem em relação às demais variáveis e não seguiu a reação expressiva supracitada, atingindo seu patamar apenas aos 60 dias.

Segundo Marion et al. (1974), a espécie iônica  $\text{Al}^{3+}$ , tóxica às plantas, é continuamente hidrolisada conforme aumenta-se o pH do solo, de forma que, a partir de níveis de pH ( $\text{CaCl}_2$ ) por volta de 5,0, praticamente não se verifica mais a presença dessa espécie. O calcário teve apenas a fração fina apresentando valores próximos a esse, enquanto que a cal, além da fração mais fina, teve a segunda e a terceira frações mais finas (2,00-0,84 mm e 0,84-0,30 mm) atingindo níveis maiores ou iguais a 5,0 a partir dos 60 dias.

Quanto à eficiência dos tratamentos em corrigir o solo, apenas a cal, com exceção da fração mais grosseira, foi capaz de elevar a saturação por bases para o valor almejado (70%). E isso aconteceu já aos 30 dias após a aplicação e se sustentou até o fim do experimento, 120 dias após a aplicação. Apesar da defasagem do pH ( $\text{CaCl}_2$ ), isso possibilitou que todas as frações da cal acompanhassem as demais variáveis e precipitassem o Al já aos 30 dias após a aplicação, enquanto que apenas a fração mais fina do calcário e a segunda fração mais fina, essa apenas no maior tempo de incubação, foram capazes de precipitar o Al por completo, conforme também observado por Araújo, Demattê e Garbui (2009) em Latossolo Vermelho e Neossolo Quartzarênico. Isso novamente evidencia a maior eficiência da cal em neutralizar a acidez trocável do solo.

É importante observar que, na maioria das avaliações, as frações de cal maiores do que 0,30 mm foram tão ou mais reativas do que a fração mais fina (< 0,30 mm) do calcário. Isso mostra que partículas mais grosseiras de cal poderiam ser utilizadas com vantagem sobre partículas finas de calcário para a realização da calagem, pois a deriva tende a ser menor, bem como a qualidade de deposição sobre o solo tende a ser mais uniforme. É possível que a granulação da cal apresente efeito ainda superior, na medida em que esse processo é capaz de promover estabilidade física e uniformidade de tamanho de partícula, visando maior qualidade de transporte e aplicação, pois partículas grosseiras de cal *in natura* são frágeis, sendo facilmente quebradas por pequenos impactos.

### 3.6 CONCLUSÕES

A reação da cal virgem dolomítica foi menos dependente de granulometria e tempo do que a do calcário dolomítico.

As frações granulométricas > 2,00 mm, 2,00-0,84 mm e 0,84-0,30 mm de cal virgem dolomítica foram mais reativas que as frações correspondentes de calcário dolomítico.

As três frações mais finas (2,00-0,84 mm, 0,84-0,30 mm e < 0,30 mm) da cal virgem dolomítica foram os únicos tratamentos que atingiram a saturação por bases almejada de 70%.

Todas as frações da cal virgem dolomítica neutralizaram a acidez potencial do solo já aos 30 dias de incubação

### 3.7 REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p. 291-334.

AMARAL, A. S.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alface em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, set. 1994.

ARAÚJO, S. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; GARBUIO, F. J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, nov-dez. 2009.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.

BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; SOUZA, E. C. A. de. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório. **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 303-317, 1989.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B (Methodological), v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2006. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2006. Seção 1, 9 p.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 161-169, mar. 2000.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, 1998.

CALONEGO J. C.; MORA V. S.; SANTOS C. H.; OLIVEIRA, L. de. Calagem e silicatagem em solo incubado com diferentes umidades. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 8, n. 2, p. 46-56, jul-dez. 2012.

CARVALHO-PUPPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação de bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 30, p. 49-60, 1955.

DEUS, A. C. F.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C.; VILLAS BOAS, R. L. Determination of reactivity rates of silicate particle-size fractions. **Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 265-272, mar-abr. 2014.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R. de; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. de. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 573-580, jul-ago. 2005.

KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S. J.; BECKER, F. Corretivos da acidez do solo. In: Seminário, 2., 1989, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. 224 p.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C.; SILVA, W. M. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcários sul-mato-grossenses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1443-1449, ago. 1999.

MARION, G. M.; HENDRICKS, D. M.; DUTT, G. R.; FULLER, W. H. Aluminum and silica solubility in soils. **Soil Science**, Philadelphia, v. 121, n. 2, p. 76-85, 1974.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1.ed., p. 65-90, 2007.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M. Avaliação da eficiência agronômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 55-62, 1994.

OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, K. A. P.; SANTOS, K. J. G. dos; MOREIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Montes Belos, v. 1, n. 1, p. 01-12, ago. 2005.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2014.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 37, p. 1343-1351, 2013.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1. ed., p. 206 - 266, 2007.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da granulometria de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 120-125, 1979.

SOUZA, F. de; BRAGANÇA, S. R. Caracterização tecnológica de um calcário dolomítico *in natura*, calcinado e sulfatado como meio dessulfurante. **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, n. 350, p. 331-337, jun. 2013.

VERLENGIA, F.; GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. 10, p. 119-128, 1972.

#### **4 CONCLUSÕES GERAIS**

A cal virgem dolomítica é mais reativa que o calcário dolomítico.

A cal virgem dolomítica tem potencial para ser utilizada como fonte alternativa de correção da acidez de solo cultivado com plantas medicinais sob Sistema de Plantio Direto, com vantagens sobre a utilização de calcário.

## REFERÊNCIAS

- ABIFISA - Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico, Suplemento Alimentar e de Promoção da Saúde. Disponível em: <<http://www.abifisa.org.br>>. Acesso em: 20 jul. 2015.
- ALCARDE, J. C. Características de qualidade dos corretivos da acidez do solo. In: SIMPÓSIO SOBRE ACIDEZ E CALAGEM, REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 15., 1982, Campinas. **Anais...**, Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. p.10-31.
- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez do solo**: características e interpretações técnicas. São Paulo: ANDA, 2005. 24 p. (Boletim Técnico, 6).
- ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos**: características de quantidade, In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS. Piracicaba: Fundação Cargill, 1985, p. 97-119.
- ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURTI, N.; MARQUES, J. J.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M.; LOPES, A. S.; ALVAREZ V., V. H. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003, p. 291-334.
- AMARAL, A. S.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alfaca em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, set. 1994.
- AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P. R.; SOUZA, A. G. Influência da calagem e da adubação fosfatada no acúmulo de nutrientes e crescimento da erva-de-São-João. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 533-537, out-dez. 2007.
- ANDERSON, J. E.; CHANG, C. J.; McLAUGHLIN, J. L. Bioactive components of *Allamanda schottii*. **Journal of Natural Products**, Washington, v. 51, n. 2, p.307-308, mar. 1988.
- ARAÚJO, S. R.; DEMATTÊ, J. A. M.; GARBUIO, F. J. Aplicação de calcário com diferentes graus de reatividade: alterações químicas no solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, n. 6, p. 1755-1764, nov-dez. 2009.
- BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. 237 p.
- BATALHA, M. O.; NANTES, J. F. D.; ALCÂNTARA, R. L. C.; MING, L. C., CASTRO, D. M. DE; LOURENZANI, A. E. B. S.; MACHADO, J. G. C. F.; RIBEIRO, P. M. T. Plantas medicinais no Estado de São Paulo: situação atual, perspectivas e entraves ao desenvolvimento. Disponível em: <[http://www.sisflor.org.br/fe15\\_4.asp](http://www.sisflor.org.br/fe15_4.asp)>. Acesso em: 21 jul. 2015.

BECKER, L.; FURTINI NETO, A. E.; PINTO, J. E. B. P.; CARDOSO, M. G.; SANTOS, C. D.; BARBOSA, J. M.; LAMEIRA, O. A.; SANTIAGO, E. J. A. Crescimento e produção de alcalóides totais de quebra-pedra em função da calagem e da adubação nitrogenada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 100-104, jul. 2000.

BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; SOUZA, E. C. A. de. Eficiência relativa de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório. **An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 46, n. 2, p. 303-317, 1989.

BELLINGIER, P. A.; SOUZA, E. C. A.; ALCARDE, J. C.; SHIKASHO, H. W. Importância da reatividade do calcário sobre a produção e algumas características da cultura da soja. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 49, n. 1, p. 61-71, 1992.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**: Intemperismo biológico, pedogênese, laterização, bauxitização e concentração de bens minerais. 1. ed. Florianópolis: UFSC, 1994. 425p.

BLANK, A. F.; OLIVEIRA, A. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; FAQUIN, V. Efeitos da adubação química e da calagem na nutrição de melissa e hortelã-pimenta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 195-198, abr-jun. 2006.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series B (Methodological), v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1989. 878p.

BRASIL. Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. Instrução Normativa nº 4, de 02 de agosto de 2004. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos corretivos de acidez, corretivos de alcalinidade, corretivos de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2004. Seção 1, 7 p.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 35, de 04 de julho de 2006. Aprova as normas sobre especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos corretivos de acidez, de alcalinidade e de sodicidade e dos condicionadores de solo, destinados à agricultura, na forma do Anexo a esta Instrução Normativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 2006. Seção 1, 9 p.

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Solubilidade de fertilizantes contendo silício**: método incubação. 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Registro%20de%20Estabelecimento%20e%20Produto/2010%20-%20METODO%20REATIVIDADE%20Si-INCUBACAO%20-%20Ver%2015.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/vegetal/RegistroAutorizacoes/Registro%20de%20Estabelecimento%20e%20Produto/2010%20-%20METODO%20REATIVIDADE%20Si-INCUBACAO%20-%20Ver%2015.pdf)>. Acesso em: 4 set. 2015.

BRASIL. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. **Sumário Mineral**. Brasília: DNPM, 2014. v. 34, p. 44-45.

BREDA JUNIOR, J. M.; FACTOR, T. L. Oportunidades e dificuldades no plantio direto de hortaliças: o caso de São José do Rio Pardo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n. 2 (Suplemento – CD Rom), p. S4033-S4035, ago. 2009.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A. F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 161-169, mar. 2000.

CAIRES, E. F.; ROSOLEM, C. A. Correção da acidez do solo e desenvolvimento do sistema radicular do amendoim em função da calagem. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, 1998. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87051998000100020](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87051998000100020)>. Acesso em: 6 set. 2015.

CALONEGO J. C.; MORA V. S.; SANTOS C. H.; OLIVEIRA, L. de. Calagem e silicatagem em solo incubado com diferentes umidades. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 8, n. 2, p. 46-56, jul-dez. 2012.

CAMPANHARO, M.; LIRA JUNIOR, M. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J.; COSTA, J. V. T. Avaliação de métodos de necessidade de calagem no Brasil Caatinga, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p. 97-105, jan-mar. 2007.

CARVALHO-PUPPATTO, J. G.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz com a aplicação de escórias. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1213-1218, dez. 2004.

CASTRO, G. S. A.; CRUSCIOL, C. A. C. Effects of superficial liming and silicate application on soil fertility and crop yield under rotation. **Geoderma**, v. 195-196, p. 234-242, mar. 2013.

CATANI, R. A.; GALLO, J. R. Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de São Paulo, mediante correlação entre pH e a porcentagem de saturação de bases. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 30, p. 49-60, 1955.

CLARK, R.B. Effect of aluminium on growth and mineral elements of Al-tolerant and Al-intolerant corn. **Plant and soil**, v. 47, n. 3, p. 653-662, ago. 1977.

CORRÊA, J. C.; BÜLL; L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARCELINO, R.; MAUAD, M. Correção da acidez e mobilidade de íons em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, 1307-1317, set. 2007.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; TECCHIO, M. Aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n. 9, p. 1209-1219, set. 2008.

CORRÊA, J. C.; FREITAG, E. E.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; MARCELINO, R. Aplicação superficial de calcário e diferentes resíduos em soja cultivada no sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1059-1068, 2009.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. As plantas medicinais, aromáticas e condimentares e a agricultura familiar. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 376-376, jul-set. 2014.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas Práticas Agrícolas (BPAs) de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares**. Curitiba: Instituto Emater, 2013. 54 p.

CORRÊA JÚNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. Produção de plantas medicinais, condimentares e aromáticas no Estado do Paraná. In: CORRÊA JÚNIOR, C.; GRAÇA, L. R.; SCHEFFER, M. C. **Complexo agroindustrial das plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Estado do Paraná: diagnóstico e perspectivas**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Plantas Medicinais, Emater-PR; Colombo: Embrapa Florestas, 2004. p. 48-68.

COSTA, C. A.; SOUZA, G. A.; ALVES, D. S.; ARAÚJO, C. B. O.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; SAMPAIO, R. A.; LOPES, P. S. N. Saturação por bases no crescimento inicial e na produção de flavonóides totais da fava-d'anta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 49-52, jan-mar. 2007.

DELHAIZE, E.; RYAN, P. R. Aluminium toxicity and tolerance in plants. **Plant Physiology**, v. 107, n. 2, p. 315-321, fev. 1995.

DEUS, A. C. F.; BÜLL, L. T.; CORRÊA, J. C.; VILLAS BOAS, R. L. Determination of reactivity rates of silicate particle-size fractions. **Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 265-272, mar-abr. 2014.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 531-541, mai-jun. 2001.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Pessegueiro**. Sistemas de Produção, n. 4, nov. 2005. (Embrapa Clima Temperado). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pessego/CultivodoPessegueiro/cap04.htm>>. Acesso em: 5 set. 2015.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Calagem**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_34\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_34_711200516717.html)>. Acesso em: 7 set. 2015.

EVANS, W. C. **Trease and Evans' Pharmacognosy**. 14. ed. Londres: WB Saunders Company, 1996. 612 p.

FAJER, E. D.; BOWERS, M. D.; BAZZAZ, F. A. The effect of nutrients and enriched CO<sub>2</sub> environments on production of carbon-based allelochemicals in *Plantago*: A test of the carbon/nutrient balance hypothesis. **The American Naturalist**, Chicago, v. 140, n. 4, p. 707-723, 1992.

FEBRAPDP – FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO E IRRIGAÇÃO. **Evolução da área cultivada no Sistema de Plantio Direto na Palha – Brasil**. Disponível em: <[http://febrapdp.org.br/download/PD\\_Brasil\\_2013.I.pdf](http://febrapdp.org.br/download/PD_Brasil_2013.I.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2015.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A. Dinâmica da calagem superficial em um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 235-247, mai-abr. 2005.

FORTES, C. A. **Correção do solo com silicato de cálcio e magnésio para produção de gramíneas forrageiras**. 2006. 137 fls. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2006.

FURTINI NETO, A. E.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. S. Fertilization in native species reforestation. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 347-378.

GERSHENZON, J. Plant secondary metabolite production under stress. **Recent Advances in Phytochemistry**, v. 18, p. 273-320, 1984.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

HÖFT, M.; VERPOORTE, R.; BECK, E. Growth and alkaloid contents in leaves of *Tabernaemontana pachysiphon* Stapf (Apocynaceae) as influenced by light intensity, water and nutrient supply. **Oecologia**, v. 107, n. 2, p. 160-169, 1996.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R. de; GATIBONI, L. C.; BRUNETTO, G.; SILVA, L. S. de. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 573-580, jul-ago. 2005.

KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S. J.; BECKER, F. Corretivos da acidez do solo. In: Seminário, 2., 1989, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1989. 224 p.

KOCHIAN, L. V. Cellular mechanisms of aluminium toxicity and resistance in plant. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 46, p. 237-260, 1995.

KORICHEVA, J.; LARSSON, S.; HAUKIOJA, E.; KEINÄNEN, M. Regulation of woody plant secondary metabolism by resource availability: hypothesis testing by means of meta-analysis. **Oikos**, Lund, v. 83, n. 2, p. 212-226, nov. 1998.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C.; SILVA, W. M. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcários sul-mato-grossenses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 8, p. 1443-1449, ago. 1999.

LOPES, A.S.; Silva, M.C.; Guilherme, L.R.G. **Acidez do solo e calagem**. ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS E CORRETIVOS (ANDA), São Paulo - SP, 3. ed., 22p., 1990. (Boletim Técnico, 1).

MARION, G. M.; HENDRICKS, D. M.; DUTT, G. R.; FULLER, W. H. Aluminum and silica solubility in soils. **Soil Science**, Philadelphia, v. 121, n. 2, p. 76-85, 1974.

MELLO, F.A.F. **Uréia Fertilizante**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 192p.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R. A. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre frações da matéria orgânica e CTC de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 449-455, 1994.

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1.ed., p. 65-90, 2007.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M. Avaliação da eficiência agrônômica de frações granulométricas de um calcário dolomítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 55-62, 1994.

NOLLA, A.; ANGHINONI, I. Métodos utilizados para a correção da acidez do solo no Brasil. **Revista de Ciências Exatas e Naturais**, Porto Alegre, v. 6, n.1, jan-jun. 2004.

OLIVEIRA, I. P. de; COSTA, K. A. P.; SANTOS, K. J. G. dos; MOREIRA, F. P. Considerações sobre a acidez dos solos de cerrado. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Montes Belos, v. 1, n. 1, p. 01-12, ago. 2005.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Chemical mineralogical characteristics of selected acid soils of the state of Paraná, Brazil. **Turrialba**, San Jose, v. 35, n. 2, p. 131-139, 1985.

PEREIRA, C. M. **Caracterização da produção e consumo de calcário para uso agrícola no estado de São Paulo**. 2002. 188 fls. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

PEREIRA, H. S.; GAMA, A. J. M.; CAMARGO, M. S. DE; KORNDÖRFER, G. H. Reatividade de escórias silicatadas da indústria siderúrgica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, mar-apr. 2010.

PIMENTEL, L. L. **Aglomerantes minerais**. Disponível em: < ftp://ftp-acd.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/lialp/Materiais%20A%20-%20FEC/Aglomerantes\_Notas%20de%20Aula.pdf>. Acesso em: 5 set. 2015.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, v. 1, 2010. 462 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R Foundation for Statistical Computing**. Vienna: Austria, 2014.

RAIJ, B. van. Estudo de materiais calcários usados como corretivos no Estado de São Paulo. IV - O poder relativo de neutralização total. **Bragantia**, Campinas, v. 36, n. 12, p. 139-45, 1977.

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. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 30, p. 849-857, 2006.

RHEINHEIMER, D. dos S.; SANTOS, E.J. da S.; KAMINSKY, J.; XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.

SANCHES, P. A.; UEHARA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: KHASAWNEH, F. E.; SAMPLE, E.C.; KAMPRATH, E. J. **The role of phosphorus in agriculture**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1980. p. 471-514.

SILVA, A. A. da; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A.F. da; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E.L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Ceres**, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 496-506, jul-ago. 2009.

SIMONETE, M. A.; CHAVES, D. M.; TEIXEIRA, C. F. A.; MORO, L.; NEVES, C. U. Fornecimento de cálcio para plantas de *Eucalyptus saligna* por meio de aplicação de resíduo industrial lama de cal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 37, p. 1343-1351, 2013.

SOUSA, D. M. G. de; MIRANDA, L. N. de; OLIVEIRA, S. A. de. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1. ed., p. 206 - 266, 2007.

SOUZA, E.A.; NEPTUNE, A.M.L. Efeitos da granulometria de calcário dolomítico sobre as propriedades químicas de um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, n. 2, p. 120-125, 1979.

SOUZA, F. de; BRAGANÇA, S. R. Caracterização tecnológica de um calcário dolomítico *in natura*, calcinado e sulfatado como meio dessulfurante. **Cerâmica**, São Paulo, v. 59, n. 350, p. 331-337, jun. 2013.

- SOUZA, M. F.; SOUZA JUNIOR, I. T.; GOMES, P. A.; FERNANDES, L. A.; MARTINS, E. R.; COSTA, C. A.; SAMPAIO, R. A. Calagem e adubação orgânica na produção de biomassa e óleo essencial em *Lippia citriodora* Kunth. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 401-405, 2010.
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. **Soil Fertility and Fertilizers**. New York: McMillan, 1975. 694p.
- TREVISAN, R.; MATTOS, M. L. T.; HERTER, F. G. Atividade microbiana em solo argissolo vermelho-amarelo distrófico típico coberto com aveia preta (*avena sp*) no outono, em pomar de pessegueiro. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 7, n. 2, p. 83-89, ago-dez. 2002.
- VELOSO, C. A. C.; BORGES, A. L.; MUNIZ, A. S.; I. A. VEIGAS, de J. M. Efeito de diferentes materiais no pH do solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 49, n. spe, 1992.
- VERLENGIA, F.; GARGANTINI, H. Estudo sobre a eficiência de diferentes frações granulométricas de calcário no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. 10, p. 119-128, 1972.
- WATERMAN, P. G.; MOLE, S. Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. In: BERNAYS, E. A. **Insect-plant interactions**. v. 1. Boca Rato: CRS Press, 1989. p. 107-134.
- ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, abr-jun. 2015.
- ZHANG, X. **Regulatory situation of herbal medicines: a worldwide review**. Organização Mundial da Saúde, Comissão de Direito à Propriedade Intelectual, Inovação e Saúde Pública. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63801/1/WHO\\_TRM\\_98.1.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/63801/1/WHO_TRM_98.1.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2015.