

ESCOLA AGROTÉCNICA FEDERAL DE MUZAMBINHO
Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

LAYLA CRISTINA TEIXEIRA CARVALHO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES
METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA
RECOMENDAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA EM
SOLOS CULTIVADOS COM LAVOURA DE CAFÉ
NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS**

Muzambinho
2008

LAYLA CRISTINA TEIXEIRA CARVALHO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES
METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA
RECOMENDAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA EM
SOLOS CULTIVADOS COM LAVOURA DE CAFÉ
NA REGIÃO SUL DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Cafeicultura, da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, como requisito parcial à obtenção do grau de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Msc. Luis Augusto Gratieri

**Muzambinho
2008**

COMISSÃO EXAMINADORA

José Mauro Costa Monteiro

Luis Augusto Gratieri

José Marcos Angélico de Mendonça

Muzambinho, 21 de Outubro de 2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo e apoio.
Ao Paulo Gabriel, todo meu carinho e agradecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS que sempre guiou meus passos nesta jornada.

Aos meus amigos e colegas de classe, pela amizade verdadeira, pelas conversas descontraídas e pelo aprendizado durante estes três anos.

Aos professores que passaram por este curso, que deixaram seus ensinamentos e experiências.

Ao meu orientador, Gratieri, pela paciência e sabedoria para que este trabalho fosse realizado.

“Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com paixão, perder com classe e viver com ousadia. Pois o triunfo pertence a quem se atreve e a vida é muito bela para ser insignificante.”

(Charles Chaplin)

CARVALHO, Layla Cristina Teixeira. **Análise comparativa entre diferentes metodologias utilizadas para recomendação de gesso agrícola em solos cultivados com lavoura de Café na Região Sul de Minas Gerais.** 2008. 38 f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura (Graduação) - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

RESUMO

A maioria dos solos cultivados com café no Brasil apresenta baixos teores de cálcio trocável e elevados teores de alumínio, principalmente quando se trata de nutrientes em profundidade. É possível aumentar o teor de cálcio e reduzir a toxicidade por alumínio por meio da aplicação de gesso agrícola. No presente trabalho avaliou-se através de estudos de caso a necessidade do uso de gesso agrícola em dezoito amostras de solo da região de Guaxupé, Minas Gerais. As análises foram realizadas na profundidade de 20 a 40 cm e todas foram originadas do Laboratório de Solos da Cooxupé. De acordo com diferentes metodologias fez-se a recomendação do uso do gesso agrícola. Concluiu-se que, novos trabalhos deverão ser desenvolvidos em função da diversidade de opiniões a respeito dos métodos e das doses a serem utilizadas.

Palavras-Chave: Alumínio; Cálcio; Desequilíbrio Nutricional; Sistema radicular

CARVALHO, Layla Cristina Teixeira **Comparative Analysis among different methodologies used for recommendation of gypsum in soils cultivated with crops of coffee in the Southern Region of Minas Gerais.** 2008.38 f. Completion of work (Graduation) – Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, MG, 2008.

ABSTRACT

Most of the land cultivated with coffee in Brazil shows low levels of interchangeable calcium and high levels of aluminum, especially when it comes to deep soil nutrients. It is possible to increase the calcium content and reduce the toxicity of aluminum through the application of gypsum. In the present work the necessity of the use of phosphogypsum was evaluated through case studies in eighteen samples of soil in the region of Guaxupé, Minas Gerais. The tests were carried out at a depth of 20 to 40 cm and all samples came from the Laboratory of Soil Cooxupé. According to different methodologies the use of phosphogypsum was recommended. It was concluded that further work must be done due to the diversity of opinions about the methods and dosages that should be applied.

Key-words: Aluminum; Calcium; Nutritional imbalance; Root system

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
2. JUSTIFICATIVA	12
3. OBJETIVOS	13
3.1. OBJETIVO GERAL	13
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
4.1. SOLOS	14
4.1.1. Alumínio no Solo.....	15
4.1.2. Cálcio no Solo.....	16
4.1.3. Enxofre no Solo.....	17
4.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	18
4.3. SISTEMA RADICULAR DO CAFEIEIRO	20
4.4. GESSO AGRÍCOLA OU FOSFOGESSO	20
4.4.1. Ações do Gesso no Solo.....	23
4.4.2. Modo e Recomendação de Aplicação.....	24
4.4.3. Ação do Gesso em Conjunto com o Calcário.....	25
5. METODOLOGIA.....	27
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
7. CONSIDERAÇÕES GERAIS	31
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
REFERÊNCIAS	33

INTRODUÇÃO

A grande maioria dos solos brasileiros apresenta acidez elevada, possuindo, ainda, muitas vezes, elevados teores de alumínio trocável tóxico ao longo de seus perfis (GUIMARÃES, 1995).

O alumínio é um componente de destaque na acidez dos solos, que além de gerar acidez ativa, o alumínio trocável, em qualquer uma das suas formas iônicas solúveis, é um elemento altamente fitotóxico (GUEDES et al., 2001).

As limitações impostas pela acidez vão além das camadas superficiais. A questão é que, em camadas subsuperficiais, também são encontrados toxidez por alumínio e baixos teores de cálcio.

No começo da década de 50, surgiu a teoria de que a acidez do solo deve-se não só a presença de ácidos orgânicos, mas também, principalmente, à saturação de alumínio, componente da argila do solo e por reações químicas que liberam cátions desse elemento e de hidrogênio para a solução do solo, acidificando-o (LEPSCH, 2002).

Os solos da região do Sul de Minas Gerais apresentam teores médios de argila e, por isso são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo e Argissolos (antigos Podzólicos). Devido à presença da argila nos solos, há uma tendência de ocorrer baixa atividade, ou seja, baixa CTC e também baixa fertilidade e teores altos de alumínio.

Com a intenção de solucionar problemas como altos teores de alumínio e baixos teores de cálcio em profundidade, o gesso agrícola ou fosfogesso, está causando polêmicas na área de fertilidade e nutrição de plantas.

Segundo Mattiello et al. (2008), o gesso agrícola é um condicionador de solo que melhora as condições físicas ou físico-químicas do mesmo, refletindo na retenção de umidade e sua finalidade, além de fornecer cálcio e enxofre, é a de promover (via ligação com sulfato) o caminhamento de bases (Ca, Mg, K) em profundidade.

O gesso é um importante insumo para a agricultura, mas, por suas características, tem seu emprego limitado a situações particulares bem definidas,

uma vez que o uso indiscriminado e sem critérios pode acarretar problemas em vez de benefício para o agricultor (ALVAREZ, 1999)

Neste trabalho serão discutidas as principais ações do gesso agrícola no solo e serão analisados, também, resultados de amostras de solo de lavouras cafeeiras da região do Sul de Minas Gerais para recomendação de gessagem.

2. JUSTIFICATIVA

Em grande parte dos solos cultivados com café na região sul de Minas Gerais, ocorre um desequilíbrio nutricional quando se diz respeito a análises em profundidade de 20 a 40 cm, por isso pode-se justificar o uso do gesso agrícola nestes casos.

Ainda são muito recentes os estudos com o gesso agrícola e a realização da prática de gessagem em cafeeiros, por isso fez-se necessário analisar se os solos da região são aptos a receber o corretivo através das análises de solo em profundidade.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

- Comparar diferentes metodologias de recomendação de gessagem em lavouras de café do sul de Minas Gerais.

3.2. Objetivos Específicos

- Identificar quais os solos que possuem aptidão para a aplicação do gesso agrícola;
- Analisar diferentes resultados de amostras de solo em profundidade;
- Sugerir melhorias em linhas de pesquisa na área de práticas de correção de solo em profundidade;

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Solos

O cafeeiro é uma cultura perene, sujeita a um manejo muito intenso ao longo de sua exploração. Ele deve ser instalado em terreno capaz de sustentá-lo com segurança e, para tal, deve apresentar características especiais, capazes de assegurar uma exploração duradoura.

Os Latossolos e os Podzólicos são os principais solos encontrados sob lavouras cafeeiras, apresentando características que garantem uma boa capacidade de uso (ZAMBOLIM, 2001). Na região do Sul de Minas predominam solos Latossolos e Argissolos (antigos Podzólicos). Segundo Santana e Naime (1978 apud GUIMARÃES; LOPES, 1986), os latossolos são considerados solos profundos, de relevo normalmente plano, porosos, pela maior proporção de macroporos, possuem uniformidade textural e estrutural ao longo do perfil e grande estabilidade de agregados, o que lhes confere maior resistência à erosão, assegurando uma agricultura altamente tecnificada. Possuem argilas menos ativas, baixa saturação de bases e alta saturação de alumínio, com possível ocorrência de toxidez, acidez elevada e sem reserva de minerais primários.

Os Argissolos ou Podzólicos são de profundidade mediana a profunda, de relevo mais ondulado, menos porosos, pela menor proporção de macroporos, com secamento mais lento, oferecem menor suprimento de oxigênio, possuem diferenças texturais entre horizontes e menor estabilidade de agregados, conferindo-lhes menor resistência à erosão, porém com menor aptidão a agricultura mecanizada. Possuem argilas mais ativas, saturação de bases variando de média a alta, baixa saturação de alumínio e solos mais férteis, com alguma reserva de minerais primários facilmente intemperizáveis.

Grande parte do parque cafeeiro do país está implantada em solos que apresentam sérias limitações de ordem química e nutricional ao desenvolvimento normal das raízes (GUIMARÃES, 1992), inclusive em subsuperfície (RAIJ, 1988).

Dessa forma, entende-se que condições adequadas à vida, como constante umidade e baixa variação de temperatura, ocorrem nas camadas profundas do solo (RAGASSI, 2007).

A maioria dos solos brasileiros e, em particular, aqueles localizados em áreas sob cerrado, caracterizam-se por ter sofrido um acentuado processo de intemperismo e lixiviação de bases (DEMATTE, 1981). Essas condições originam solos ácidos, em que a presença de níveis altos de alumínio ou extremamente baixos de cálcio podem ser fatores limitantes ao aprofundamento do sistema radicular, o que é especialmente danoso em épocas de falta de água (OLMOS; CAMARGO, 1976; RITCHEY et al., 1982).

Em muitos solos tropicais, a camada subsuperficial possui caráter álico, o que constitui impedimento químico para o desenvolvimento do sistema radicular em profundidade. A neutralização do alumínio trocável no subsolo por meio de calcário requer incorporação profunda, mas esse procedimento tem um custo energético elevado (MALAVOLTA, 2006).

4.1.1. Alumínio no Solo

O excesso de alumínio trocável ocorre de forma generalizada em solos ácidos. Sua ação se faz sentir nas raízes das plantas, que se alongam mais lentamente, mais tarde elas se engrossam e não se ramificam (RAGASSI, 2007).

Normalmente, o alumínio presente no solo pode aparecer como mais ou menos tóxico dependendo de seus ligantes. Portanto o alumínio trocável gera acidez ativa, que existia em potencial. De outra forma, o alumínio representa parte da acidez potencial, denominada acidez trocável.

Além de gerar acidez ativa, o alumínio trocável, em qualquer uma das suas formas iônicas solúveis, é um elemento altamente fitotóxico. Entre outros problemas, o alumínio atua no meristema apical da raiz, cessando a divisão celular, portanto, paralisando o crescimento das raízes. (GUEDES et al., 2001).

Bragança et al. (1984) estudando o comportamento e principalmente o crescimento de cafeeiros das cultivares de Catimor e Catuaí Amarelo, em presença de diversos níveis de alumínio trocável do solo (0,5-1,0-2,0 e 5,0 meq Al⁺⁺⁺ por 100g de solo), constataram a morte de todas as plantas no nível mais baixo e foi suficiente para promover uma redução média de 20% nos parâmetros: matéria seca de folhas, caule e raiz, área foliar, altura de planta e diâmetro de caule, quando comparado ao nível zero.

As extremidades das raízes, por exemplo, retiram dos colóides grande parte dos elementos necessários à nutrição da planta, substituindo-os por outros, não

necessários. Entre os cátions adsorvidos, em maiores quantidades nos colóides do solo, estão o cálcio, o magnésio, o potássio, o hidrogênio e o alumínio. Nem todos servem à nutrição dos vegetais e alguns são prejudiciais, como é o caso do hidrogênio e do alumínio, se presentes em proporções apreciáveis (LEPSCH, 2002).

Encontra-se na literatura grande número de publicações sobre toxicidade de alumínio em diversas espécies de interesse econômico; entretanto, é escasso o número de trabalhos com o cafeeiro. Estudos realizados por Pavan e Bingham (1986), Londoño e Valencia-Aristizábal (1983), Passo e Ruiz (1995) e Braccini et al. (1998) mostraram que o alumínio diminui a absorção de nutrientes, o crescimento e desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea, e que as linhagens se comportam diferentemente, quanto à tolerância ao alumínio.

O crescimento do sistema radicular está de acordo com o teor de alumínio tóxico no solo, sendo que, quanto maior o teor de alumínio menor está o desenvolvimento de raízes (Figura 1)

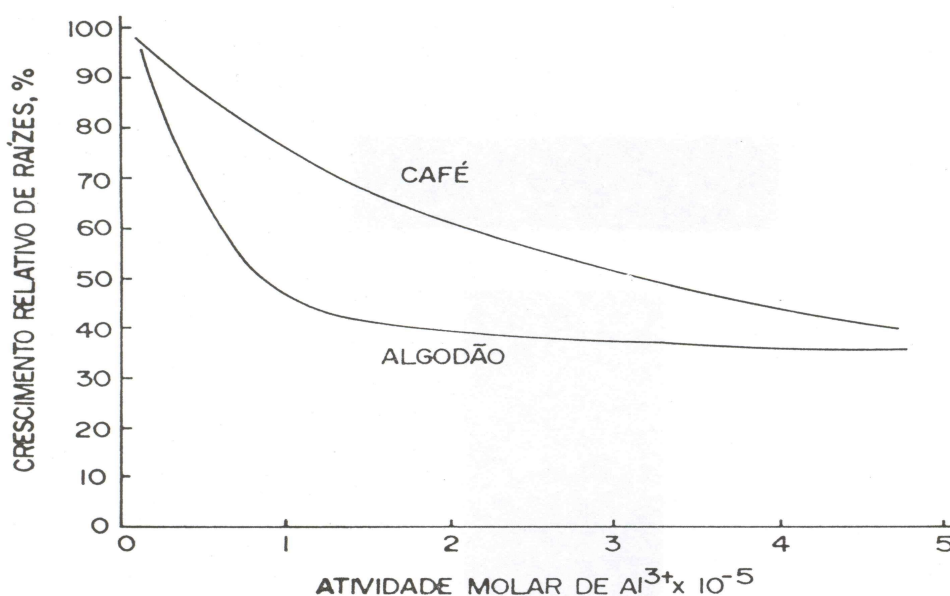


Figura 1 – Atividade de alumínio em solos ácidos e o crescimento de raízes

Fonte: Adams & Lund (1966) e Pavan et al. (1982) apud. RAIJ, B. van. **Curso de Capacitação na Cultura de Café**. Polo Regional Nordeste Paulista – APTA Mococa.EDR de São João da Boa Vista – CATI, 2008.

na solução do solo em concentrações relativamente elevadas. O alumínio afeta

grandemente a aquisição de cálcio pelas plantas. A absorção de cálcio pelas plantas é quase restrita à região apical da raiz, ou seja, à porção da raiz sem endoderme suberizada. Esta é a parte da raiz mais afetada pelo alumínio, de forma que a absorção de cálcio é influenciada, não por competição direta, mas por alterações na região da raiz capaz de absorver este nutriente (GUEDES, 2001).

O cálcio é o elemento predominante no complexo de troca do solo, exceto em solos ácidos, onde cede lugar para o alumínio (MALAVOLTA, 2006). A regra sempre é: teor de cálcio alto está associado a baixo teor de alumínio e alumínio alto jamais ocorrerá se o cálcio estiver alto.

Em trabalho realizado por Corrêa et al., 2001 analisou-se que 61,3% de lavouras cafeeiras amostradas no Sul de Minas gerais apresentavam um teor médio de cálcio.

A presença de cálcio em baixas concentrações estimula a absorção de outros íons- aumenta, por exemplo, a do potássio: trata-se do chamado “Efeito Viets”.

Admite-se então que o cálcio seja indispensável para manter a estrutura e o funcionamento normais das membranas celulares, particularmente o do plasmalema. Esse papel do cálcio sugere a importância de se manter no solo um nível do elemento, para garantir, entre outras coisas, a absorção adequada dos elementos e, através disso, a produção (MALAVOLTA, 1980).

4.1.3. Enxofre no Solo

O enxofre do solo está sujeito a transformações microbianas, influenciadas pelas condições ambientais que afetam a composição e a atividade dos microrganismos (RISTHER, 2008). Geralmente os solos de regiões tropicais apresentam menores teores de enxofre total e orgânico que os solos de regiões temperadas devido à maior mineralização e ao maior intemperismo, que determinam maiores perdas (GUEDES et al., 2001). Por ser constituído principalmente por frações orgânicas, o teor de enxofre total no solo não é um parâmetro adequado para indicar a disponibilidade para as plantas em curto prazo. Entretanto pode indicar o potencial de suprimento de enxofre pelo solo.

A maior parte do enxofre está disponível sob a forma orgânica, que, por via microbiana, é convertido em produtos disponíveis para a planta. Não se consideram os solos semi - áridos onde, devido à drenagem insuficiente, acumulam-se grandes

quantidades de sulfatos de potássio, magnésio e sódio, a matéria orgânica é o principal reservatório de enxofre para as culturas (RISHTER, 2008).

A adsorção do sulfato depende do teor de argila, do teor de matéria orgânica, da presença de hidróxidos de ferro e de alumínio e do pH.

A exigência do cafeeiro em relação ao enxofre é semelhante ao fósforo, mas pouca atenção tem sido dada a esse, devido ser fornecido por outras fontes (sulfato de amônio e superfosfato simples) e sua determinação ser trabalhosa, a nível de análise de laboratório (GUEDES et al., 2001).

Os fertilizantes concentrados que utilizam fertilizantes simples, superfosfato triplo ou MAP, DAP e uréia para comporem o formulado, não carregam gesso suficiente na sua composição para satisfazer a exigência da planta em enxofre (PRADO; NASCIMENTO, 2003).

O enxofre é absorvido do solo na forma de sulfato, podendo penetrar em pequena proporção por via foliar como gás sulfúrico. É pouco móvel na planta, sendo que seu sintoma de deficiência ocorre normalmente em folhas mais novas. É um importante componente das proteínas, participa na síntese de clorofila e é importantíssimo no desenvolvimento das raízes (GUEDES, 2001).

4.2. Absorção de Água

Plantas adaptadas à seca são caracterizadas, via de regra, por apresentarem sistemas radiculares profundos e vigorosos. No entanto, conforme as condições edafoclimáticas particulares de uma dada região, as características desejáveis de um sistema radicular podem variar.

Segundo Malavolta (1993), considera-se adequada uma precipitação anual entre 1000 e 2500 mm, sendo suficiente, em média, 1500 mm por ano. Nos períodos de vegetação e formação dos frutos são necessários em torno de 150 mm por mês (setembro-outubro a março-abril). Nos meses restantes (colheita e repouso) aceita-se como satisfatória uma queda mensal de 40-70 mm.

Tabela 2 - Ciclo Fenológico da cultura do cafeeiro para necessidade de irrigação

Meses	J F M	A M J	J A S	O N D
Estações	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Vegetação	Plena	Moderada	Fraca	Plena
Etapas da Frutificação	1ª Indução e Abotoamento		2ª Dormência	3ª Floração e expansão (chumbinho)
	4ª Granação	5ª Granação	6ª Repouso	-----
Fases Fenológicas	2ª Granação	3ª Maturação Abotoamento	4ª Dormência	1ª Expansão
Irrigação	SIM	SIM	NÃO	SIM

Fonte: Camargo, 1997 apud. FARIA, Manoel Alves de; REZENDE, Conceição Fátima. **Irrigação na Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p.84.

Alvim (1960) demonstrou que um período de seca é necessário para quebrar a dormência dos botões florais. Faltas ocasionais de chuva (como nos veranicos do cerrado) podem ser em parte compensados (não se considerando irrigação) mediante cultivo em solos mais profundos e argilosos (que armazenam mais água) e, em alguns casos, mediante gessagem que promove o crescimento das raízes em profundidade. O efeito da estiagem(veranicos) nos períodos críticos de demanda de água pela planta, tem promovido uma queda de produção em várias lavouras (FARIA et al., 2004).

A cobertura morta é prática eficiente para economizar água, não sendo, porém, viável do ponto de vista econômico.

Como qualquer cultura, o cafeeiro necessita de água facilmente disponível no solo para desenvolver e produzir satisfatoriamente. A produtividade da planta é reduzida pelas limitações de água, elevando o índice de grãos chochos - da ordem de 45%, quando a deficiência coincide com o período de granação dos frutos (FAVARIN et al., 2001).

Uma boa disponibilidade de água nos meses em que ocorre a granação contribuirá eficazmente para uma boa produção. Assim, tem-se que o gesso além

de aprofundar o sistema radicular, propicia também uma maior retenção de água no solo devido a sua alta solubilidade e higroscopicidade.

4.3. Sistema Radicular do Cafeeiro

Um sistema radicular bem desenvolvido é fundamental para o sucesso de um cafezal, na medida em que as raízes atuam como elementos de suporte na matriz física do solo e órgão de absorção de água e de minerais, de produção de várias substâncias orgânicas complexas, vitais a sua própria fisiologia e à da planta inteira e de armazenamento de diversos nutrientes, em certos estádios fenológicos, como minerais, amido e aminoácidos (ZAMBOLIM, 2002).

O sistema radicular, quando associado aos fatores edafoclimáticos, é fundamental para otimização de várias práticas, como adubações e aplicações de agrotóxicos de solo, tratos culturais, densidade de plantio, irrigação e cultivos intercalares (TOMAZ, 2008).

4.4. Gesso Agrícola ou Fosfogesso

O gesso é um importante insumo para a agricultura, mas, por suas características, tem seu emprego limitado a situações particulares bem definidas, uma vez que o uso indiscriminado e sem critérios pode acarretar problemas em vez de benefícios para o agricultor. De uns dez anos pra cá, algumas indústrias de fertilizantes vêm estimulando o uso de gesso agrícola (ALVAREZ, 1999). Apesar de vários estudos mostrarem o potencial da utilização do gesso na agricultura, existem muitas dúvidas no que se refere a como, quando e quanto utilizar deste insumo.

Tem sido utilizado em solos ácidos como um produto complementar ao calcário, com o objetivo de diminuir a toxicidade do alumínio e aumentar a concentração de cálcio em profundidade (SILVA et al., 1998).

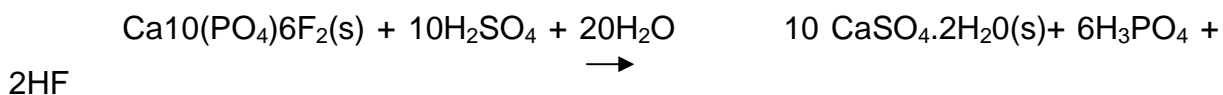
Em anos recentes, acumularam-se informações sobre o uso de gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular das plantas, em razão da movimentação de cálcio para camadas subsuperficiais do solo e, ou, diminuição dos efeitos tóxicos de teores elevados de alumínio. A presença de camadas subsuperficiais com baixos teores de cálcio, e ou elevados teores de alumínio trocáveis pode determinar a perda de safras, principalmente em regiões suscetíveis à ocorrência dos “veranicos”, uma vez que conduzem ao menor aprofundamento do sistema radicular, refletindo

em menor volume de solo explorado, ou seja, menos nutrientes e água disponíveis para a planta.

Apesar de as raízes do cafeeiro se concentrarem nas camadas superficiais do solo, elas podem alcançar profundidades de até 3m ou mais, absorvendo quantidades significativas de água durante longos períodos de estiagem (RENA; GUIMARÃES, 2000).

Além disso, apesar de cafeeiros irrigados apresentarem maior sistema radicular total que cafeeiros não-irrigados, parece haver uma leve tendência de as raízes destes concentrarem-se em horizontes mais profundos do solo (MATIELLO; DANTAS, 1987), onde a reserva de água é comumente maior que nas camadas superficiais do solo.

Segundo Alvarez (1999), o gesso agrícola é basicamente o sulfato de cálcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), obtido como subproduto industrial. Para a produção de ácido fosfórico, as indústrias de fertilizantes utilizam, como matéria prima, a rocha fosfática (apatita, especialmente a fluorapatita) que ao ser atacada por ácido sulfúrico e água, produz como subprodutos da reação, o sulfato de cálcio e ácido fluorídrico, conforme a reação abaixo:

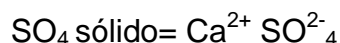


Os teores de Ca (17 a 20 dag.Kg⁻¹), de S (14 a 17 dag.Kg⁻¹), de P₂O₅ (0,6 a 0,75 dag.Kg⁻¹), de F (0,6 a 0,7 dag.Kg⁻¹), de Mg (0,12 dag.Kg⁻¹), a presença de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Ni) e de outros elementos (Co, Na, Al, As, Ti, Sb, Cd), permite que o gesso agrícola possa ser utilizado na agricultura: como fonte de cálcio e de enxofre e na correção de camadas subsuperficiais com altos teores de alumínio e, ou, baixos teores de cálcio, com o objetivo de melhorar o ambiente radicular das plantas (ALVAREZ, 1999).

Segundo o mesmo autor, a recomendação do uso de gesso agrícola com esta última finalidade pode implicar a utilização de doses elevadas, devendo ser feita com base no conhecimento das características físicas e químicas dos solos, não apenas da camada arável, mas também das camadas subsuperficiais.

Matiello et al. (2008) recomenda para solos arenosos não mais que 0,5 t.ha⁻¹ de gesso, em solos médios 1 t.ha⁻¹ e em solos argilosos a quantidade de 2 t.ha⁻¹.

A solubilidade do gesso é de aproximadamente, 2,5 g.L⁻¹, em geral é rápida e pode ser representada por:



Sendo assim, n\u00e3o existe a necessidade de incorpor\u00e1-lo ao solo.

De maneira geral, pode-se dizer que diferentes fatores condicionam maior ou menor movimentação dos cátions pelo perfil do solo que recebeu gesso. Entre eles destacam-se: quantidade de gesso aplicado ao solo, capacidade de troca catiônica do solo, condutividade elétrica da solução do solo e volume de água que se aporta ao solo.

Desta forma, para um solo de textura arenosa, com baixa CTC e pequena capacidade de adsorver sulfato, a movimentação de bases seria, potencialmente, maior que aquela para um solo de textura argilosa com alta capacidade de adsorção de sulfato e elevada CTC. Portanto, nestes solos onde o potencial de movimentação de bases é elevado, o cuidado com a quantidade de gesso aplicada ao solo deve ser maior, a fim de evitar o risco de uma movimentação além das camadas exploradas pelo sistema radicular da planta cultivada (ALVAREZ, 1999).

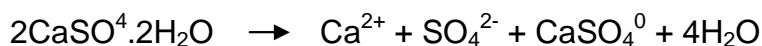
Contrariamente à reduzida capacidade de alteração do pH do solo, a aplicação de gesso pode proporcionar significativa redução no teor de alumínio trocável e em sua saturação (m) (ALVAREZ, 1999). Estudos de lixiviação têm demonstrado que o alumínio pode ser encontrado nos lixiviados de perfis reconstituídos de latossolos brasileiros.

Usando como implementos os mesmos aplicadores utilizados para outros corretivos (tratorizados ou automotrizes) o gesso agrícola normalmente é aplicado a lanço e em área total. As exceções acontecem em áreas com presença de árvores ou com inclinação acentuada, sendo nesses casos, possível somente a aplicação manual e também em áreas com o manejo de "irrigação branca", onde são utilizadas altas dosagens de gesso, aplicadas em faixas determinadas.

J\u00e1 os efeitos residuais do insumo chegam, algumas vezes (como por exemplo, quando age como fornecedor de enxofre para culturas anuais), a perdurar por duas ou tr\u00eas safras agr\u00edcolas.

4.4.1. Ações do Gesso no Solo

Ao ser lançado ao solo com umidade suficiente o gesso passará por processo de dissolução:



Na solução do solo, o íon Ca^{2+} pode reagir no complexo de troca do solo, deslocando cátions como Al^{3+} , K^+ , Mg^{2+} , (H^+) para a solução do solo, que podem, por sua vez, reagir com o SO_4^{2-} formando AlSO_4^+ (que é menos tóxico às plantas).

Segundo Malavolta (1989), dependendo do solo e da quantidade de gesso aplicada pode haver arrastamento pronunciado de potássio e magnésio para a subsuperfície. Isto será bom se os dois elementos permanecerem ao alcance das raízes. Será ruim se descerem tanto que fiquem fora do alcance dos mesmos. Raij (2008) explica que o arrastamento do magnésio pode ser contornado com a aplicação de calcário dolomítico e o arrastamento do potássio possivelmente será devolvido pela reciclagem de nutrientes.

Pela equação de reação do sulfato de cálcio em solos ácidos, nota-se:



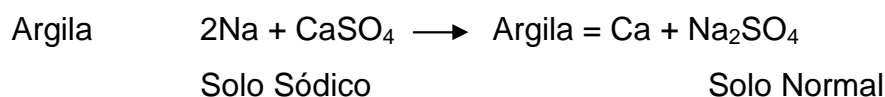
Isto explica o porquê do gesso não neutralizar solos ácidos.

Nas condições de acidez dos solos o ânion sulfato, permanece como tal e não atua como “receptor de prótons”. Assim o sulfato de cálcio não neutraliza a acidez do solo.

Pavan e Bingham (1986) exemplificam a reação de neutralização do alumínio:



Os solos sódicos (notadamente no nordeste brasileiro) ou com excesso de vinhaça (ao redor de usinas sucroalcooleiras) são caracterizados pelo excesso de sais (sódio ou potássio) que prejudicam o sistema radicular das plantas, diminuindo seu rendimento final. A aplicação de gesso agrícola diminui a toxidez devido a substituição do sódio (ou potássio) adsorvido à argila pelo cálcio, para posterior lavagem do sulfato de sódio (ou sulfato de potássio) pelas águas de irrigação. É explicado por ABROL et al. (1975):



Como efeito fertilizante para fornecimentos de enxofre, doses de 100 a 250 Kg.ha^{-1} de gesso seriam suficientes para corrigir deficiências do elemento para a maioria das culturas. Deve-se considerar o emprego de outros fertilizantes que possuem enxofre em sua formulação, tais como superfosfato simples (12 dag.Kg^{-1} de enxofre). Outro aspecto que deve ser considerado na recomendação de adubação com enxofre é que, como na adubação fosfatada, a textura do solo deve ser observada. Solos argilosos tendem a apresentar maior capacidade de adsorção de sulfatos, daí serem exigidas maiores doses de enxofre para a adequada disponibilidade do elemento para as plantas (ALVAREZ, 1999).

Com relação ao uso de gesso como fonte de cálcio para as culturas, devem-se levar em consideração alguns aspectos importantes: existem diferenças entre as culturas quanto à demanda de cálcio, plantas como café e tomate são muito responsivas ao elemento, ao passo que espécies florestais como o eucalipto apresentam baixas exigências de cálcio. Também as características do solo que podem permitir maior movimentação de cálcio em profundidade no perfil do solo devem ser consideradas igualmente, uma vez que excesso de movimentação pode arrastar o elemento para camadas além daquelas onde se encontra o maior volume de raízes; a descida de cálcio em profundidade modifica o perfil de distribuição das raízes das plantas, aumentando o volume de solo a ser explorado em nutrientes e especialmente água (ALVAREZ, 1999).

4.4.2. Modo e Recomendação de Aplicação

Malavolta (1989), Raij (2008), Matiello et al. (2008) recomendam a aplicação a lanço devido a alta solubilidade do gesso não necessitando da sua incorporação.

Para decidir sobre a recomendação de aplicação de gesso agrícola, deve-se observar que as camadas subsuperficiais do solo (20 a 40 cm ou 30 a 60 cm) apresentem as seguintes características: $\leq 0,4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Ca^{2+} e, ou, $>0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ de Al^{3+} e, ou, $>30\%$ de saturação por Al^{3+} (ALVAREZ, 1999).

Raij (2007) definiu que o índice de saturação por alumínio deve estar maior que 40% e o cálcio deve apresentar teores abaixo de $0,4 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$.

Korndörfer (2008) recomenda gesso em solos que apresentem uma saturação por alumínio maior que 20% e um teor de cálcio menor que $0,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$

Raij (2008) citou que se o cálcio apresentar um índice menor que 0,4 $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ e a saturação por alumínio apresentar valor maior que 50% o solo necessita de gesso.

Malavolta (1992) explica que o gesso deve ser recomendado sempre que houver menos de 40% de cálcio na CTC efetiva ou a saturação por alumínio for maior que 20%.

As fórmulas para recomendação são muitas e baseadas em diversos fatores como: textura do solo, com base na determinação de fósforo remanescente, determinação da necessidade de calagem, teor de argila, entre outros. Ainda não se estabeleceu um padrão para a recomendação de gessagem e esta é uma área que ainda necessita de muitos estudos.

4.4.3. Ação do Gesso em Conjunto com o Calcário

Em trabalhos, Silva (1997) concluiu que o efeito inicial da calagem sobre a acidez permaneceu restrito à superfície do solo, enquanto o da gessagem se aprofundou até a camada de 20-40 cm, sobretudo quando associada à maior dose de calcário.

A prática da calagem, visando à correção da acidez e neutralização do alumínio trocável do solo, é realizada incorporando-se o material corretivo à camada arável do solo, por isso seus efeitos normalmente restringem-se a profundidades em torno de 0 a 20 ou de 0 a 30 cm. Aspectos relacionados com a textura do solo, granulometria do corretivo e intensidade pluviométrica podem, ao longo do tempo, determinar que a calagem, corrija camadas um pouco mais profundas com baixos teores de cálcio e, ou elevados teores de alumínio trocáveis. Normalmente, a aplicação de gesso agrícola não provoca alterações significativas no pH do solo.

Segundo Malavolta (1989), o calcário possui uma baixa capacidade de movimentação no solo, corrigindo apenas onde foi incorporado. O íon carbonato, que acompanha o cálcio, depois de neutralizar a acidez é convertido em carbono (CO_2) e escapa para a atmosfera. O cálcio fica ligado nas cargas negativas das argilas.

A correção da acidez em profundidade, se possível, sem o uso de grade e do arado, mediante a aplicação de calcário superficial poderá constituir em

alternativa interessante para preservar os atributos físicos desejáveis naturalmente presentes na maioria destes solos (JORGE et al.,2008).

O calcário agrícola corrige a acidez do subsolo, porém, devido à menor solubilidade em relação ao gesso, exige melhor incorporação e tempo (RAIJ, 2008).

Com o uso do gesso agrícola ao calcário, os benefícios ocorrerão não somente na camada subsuperficial do solo, podendo ser estendidos a maiores profundidades. O gesso agrícola não corrige a acidez e nem eleva o pH do solo, não substituindo, portanto, a aplicação do calcário (ZAMBOLIM, 2001).

Ainda segundo o mesmo autor, há um consenso que a melhor época para aplicação do gesso é sempre após a aplicação do calcário, desde que tenha transcorrido tempo suficiente para uma completa reação deste

Matiello (2008) cita que o gesso sempre deve ser usado em associação com calcário, com isto reduz-se perdas de magnésio e de potássio das camadas superficiais.

5. METODOLOGIA

O presente trabalho 18 amostras de solos cultivados com lavouras cafeeiras realizadas pela Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé-COOXUPÉ (anexo A), que de acordo com trabalhos de Raij (2007/2008), Malavolta (1992) caberiam a recomendação de gesso. As amostras foram realizadas em profundidade de 20 a 40 cm.

As propostas de recomendação por vários autores serão comparadas e discutidas, sendo elas:

- 1) Proposta por Raij et al. (2008) que recomenda de acordo com a quantidade de argila (g.Kg^{-1}) do solo, sendo que esta recomendação é voltada para cafeeiros do Estado de São Paulo: $\text{d.g (Kg.ha}^{-1}\text{)} = 6 \times \text{argila (g.Kg}^{-1}\text{)}$
- 2) Souza et al. (1995) faz a recomendação voltada para solos da região do Cerrado, que são caracterizados por solos com menor teor de argila e mais arenosos: $\text{d.g. (Kg.ha}^{-1}\text{)} = 50 \times \text{Teor de argila (\%)}$
- 3) Proposta por Silveira (1995): $\text{d. g (Kg.ha}^{-1}\text{)} = 25 \times \text{Teor de argila (\%)}$
- 4) Souza (1988) recomenda o gesso com base no teor de argila dos solos, Segundo a tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade de gesso aplicado de acordo com teor de argila do solo

Quantidade de Gesso	Teor de Argila
600 Kg.ha^{-1}	< 15%
1000 Kg.ha^{-1}	16 a 35%
1600 Kg.ha^{-1}	36 a 60%
2000 Kg.ha^{-1}	> 60%

- 5) Malavolta (2006) sugere que, para elevar-se em 1 cmol/dm^3 de cálcio são necessários 2,5 toneladas de gesso por hectare em profundidade de 20 a 40 cm portanto, conclui-se que: $\text{d.g (t.ha}^{-1}\text{)} = (0,4 \text{ t(CTC efetiva)} - \text{cmol/dm}^3 \text{ Ca}) \times 2,5$

Para uso em cálculos, utilizou-se um solo com média de 42% de argila, considerando-se solos da região de Guaxupé, de textura que parte de Franco-argilosa para argilosa.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode-se analisar pela figura 2 que os teores de cálcio se apresentam razoáveis, segundo (ALVAREZ,1999), somente as amostras 10 e 18 apresentam teor abaixo do valor considerado ideal sendo este de $0,5 \text{ cmol.dm}^{-3}$ (MATIELLO et al.,2008).

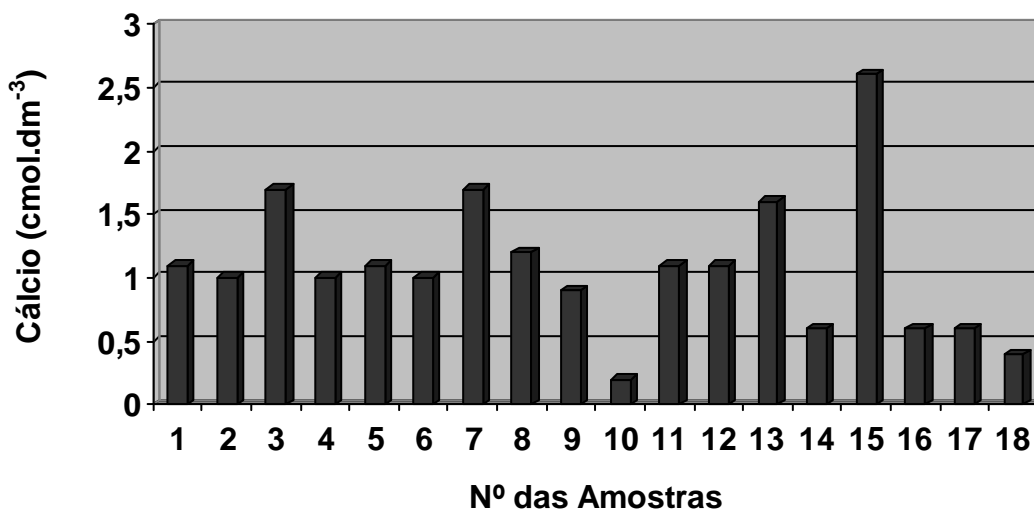


Figura 2 -Teores de cálcio em 18 amostras de solos cultivados com café no sul de Minas Gerais

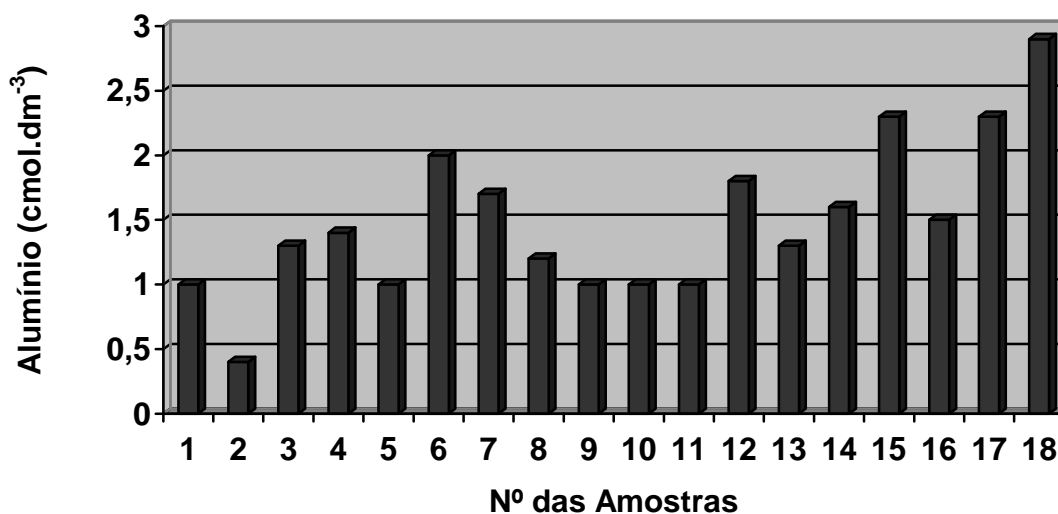


Figura 3 - Teores de alumínio em 18 amostras amostras de solos cultivados com cafeeiro no sul de Minas Gerais

Quando o crescimento do sistema radicular da planta ocorre normalmente no perfil do solo, traduz, na mesma magnitude, maior crescimento da parte aérea, uma vez que, num sistema radicular profundo, o aproveitamento dos fertilizantes fica maximizado (PRADO; NASCIMENTO, 2003).

Tabela 4 - Recomendações feitas segundo os autores propostos

Recomendações	Dose de gesso aplicada (t.ha ⁻¹)
1	2,5
2	2,1
3	1,05
4	1,12

Segundo a recomendação de Malavolta (1997) o valor a ser aplicado deverá ser de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Recomendação de gesso de acordo com os resultados das análises

Nº de Amostras																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Dose de Gesso (t.ha ⁻¹)																	
1,4	0,8	2,1	2,0	1,9	2,8	2,6	1,8	1,9	1,3	1,8	3,5	3,0	2,6	3,4	2,3	2,6	3,4

Diferentes autores apresentam diferentes propostas, no entanto todos baseiam-se na saturação de alumínio e no teor de argila dos solos. Solos com teor de argila menor que 15% apresentam sérias limitações, em geral, possuem baixa fertilidade, pH ácido e baixíssimos teores de matéria orgânica. Assim, os cuidados para aplicação de gesso devem ser maiores (LOPES, 2008). O gesso não deve ser usado de imediato em solos pobres, já que o carreamento das bases (Ca, Mg e K) em profundidade pode empobrecer ainda mais a camada superficial do solo, onde se desenvolve a maioria das raízes (mais de 80% até 30 cm) (MATIELLO et al., 2008).

7. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Com o estudo feito conclui-se que a análise de 20 a 40 cm é fundamental, pois se pode corrigir o solo em profundidade. Realizando a correção em profundidade reduz-se o teor de alumínio fitotóxico e estimula o crescimento de raízes, as quais são de fundamental importância para uma boa absorção de nutrientes e resistência a período de estresse hídrico.

O sistema radicular é o principal ponto pelo qual a planta retirará seu alimento, garantindo uma boa disponibilidade de nutrientes, a planta terá como gerar mais frutos e assim, aumentar sua produtividade.

A aplicação do gesso agrícola fará essa correção em profundidade e ainda irá proporcionar ao solo cálcio e enxofre que são essenciais para o cafeeiro. Os cuidados com a aplicação do gesso devem ser tomados devido ao risco de lixiviação de bases, mas uma prévia correção com calcário irá assegurar a não ocorrência desta lixiviação.

O gesso está ganhando espaço na cafeicultura, mas ainda necessita de muitos estudos na área para que as recomendações não se distanciem. Deve ser usado de maneira racional e discriminada.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do trabalho pode-se concluir que ocorrem divergências quanto as doses de gesso recomendada pelos autores. Enquanto alguns autores se baseiam em dados da análise de solo, outros o fazem com base no teor de argila do solo.

Deve-se realizar estudos principalmente a fim de descobrir quais são os reais benefícios e malefícios de diferentes doses de gesso aplicados ao solo, analisando também qual a reação de cada tipo de solo para estas doses.

Para o cafeeiro as pesquisas deverão ser voltadas para a produção da planta e também para a absorção de nutrientes visando o aumento do sistema radicular.

REFERÊNCIAS

ABROL, I. P.; DAHIYA, I.S.; BHUMBLA, D. R. On the method of determining gypsum requirement of soils. **Soil Sci.**, 1975.

ALVAREZ, V. H. V.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. de. Uso de Gesso Agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V. V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.289

ALVIM, P. de T. Moisture stress as a requirement for flowering of coffee. **Science Magazine**, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la Organización de Estados Americanos Zona Andina, Lima, Peru 1960.

BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; SAMPAIO, N.F.; SILVA, E.A.M. Tolerância de genótipos de cafeeiro em solução nutritiva: I. crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 1998.

BRAGANÇA, J.B.; MATIELLO, J.B. & FABRIS, E.J. Efeito do alumínio trocável do solo sobre o crescimento inicial do cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) em comparação com o Catuaí (*Coffea arabica*), 1984. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 12., Caxambu, 1985. **Anais...** Rio de Janeiro, SEPRO/DEPET/DIPRO/IBC, 1985.

CORRÊA, J. B., RDOSAR, JÚNIOR, J.G. de Carvalho. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 2001.

DEMATTE, J.L.I. **Characteristics of brazilian soils related to root growth**. Londrina: IAPAR, 1981.

FARIA, Manoel Alves de; REZENDE, Conceição Fátima. **Irrigação na Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. p.84.

FAVARIN, José Laércio; NOVA, N. A. N.; ANGELOCCI, L. R.; DOURADO NETO, D.; BERNARDES, M. S. Estimativa do Consumo Hídrico do Cafeeiro em Função de Parâmetros Climatológicos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 2001. Bragantia, vol.61, nº1, Campinas, 2002

Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052002000100013

GUEDES, G. A. A.; FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; , A. V.; GUILHERME, L. R. G.; **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA: FAEPE, 2001. 252 p

GUIMARÃES, P. T. G., LOPES, A. S. Solos para o Cafeeiro: características, propriedades e manejo. In: RENA, A. B., MALAVOLTA, E., ROCHA, M., YAMADA, : **Fatores que Afetam a Produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986.

GUIMARÃES, P. T. G. O Uso do gesso na Cultura do Cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. **Anais...** Uberaba, 1992

GUIMARAES, P. T. G. CORRÊA, J. B. ; GUEDES, G. A. A. ; FERREIRA, M. M. ; MENDES, A. N. G. . Calcário e gesso na melhoria das condições químicas do solo para o cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em formação. **Ciência e Prática**, v. 19, p. 7-16, Lavras, 1995.

JORGE, R. F.; SOUZA, R. L. de; SILVA, A. M. da; SOUZA, M. A. S.; SOUZA, J. R. de; BORGES, E. N. Dinâmica do alumínio e potássio em solo submetido a diferentes sistemas de manejo associado a aplicação de calcário e gesso agrícola. **Encontro latino americano de iniciação científica, 6; Encontro Latino Americano de Pós – Graduação- Universidade do Vale do Paraíba, 4**. 2008

Disponível em: www.inicepg.univap.br/INIC_2004/trabalhos/inic/pdf/IC5-20R.pdf, acesso em: 15/09/08

KORNDÖRFER, Gaspar Henrique. **Gesso Agrícola: adubos e adubação**. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.-%20S+GESSO%2010.pdf. Acesso em: 15/09/08.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficina de textos, 2002.

LONDOÑO, M. E. ; VALENCIA-ARISTIZÁBAL, G. Toxicidad de aluminio en plantas de café. **Cenicafé**, Bogotá, 1983.

LOPES, Alfredo Sheid. Solos Arenosos: produzir em solo arenoso é um desafio. **DBO Agrotecnologia**, 2008. Disponível em: www.anda.org.br/artigos/solos_arenosos.pdf Acesso em: 15/10/08

MALAVOLTA, Eurípedes. **Elementos de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MALAVOLTA, Eurípedes. **ABC da Adubação**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1989.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Manual de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E. **Nutrição Mineral e Adubação do Cafeeiro**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda., 1993. 210 p.

MALAVOLTA, E. **Gesso Agrícola no ambiente e na nutrição da planta- perguntas e respostas**. Seminário sobre o Uso do Gesso na Agricultura, 2. IBRAFOS. Uberaba, 1992. 413 p.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, F. S.; **Desenvolvimento do cafeeiro e seu sistema radicular, com e sem irrigação, em Brejão, PE**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, Campinas, SP, MAA/PROCAFÉ, 1987

MATIELLO, J. B., GARCIA A. W. R., ALMEIDA, S. R. **Adubação racional na lavoura cafeeira**. Varginha: Bom Pastor, 2008.

OLMOS, J.; CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. **Ci. Cult.**, São Paulo, 1976.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.: Toxicity of aluminum to coffee seedlings grown in nutrient solution. **Soil Sci. Soc. Am.**, 1986.

PASSO, R.R.; RUIZ, H.A. Tolerância dos cafeeiros conilon e catuaí à toxidez causada pelo alumínio e manganês. **Revista Ceres**, Viçosa, 1995.

PRADO, R. M. de; NASCIMENTO, V. M. do. **Manejo da adubação do cafeeiro**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 2003. 271p.

RAGASSI, Carlos Francisco: **Efeito da localização de nutrientes em profundidade para o crescimento radicular**. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2007.
Disponível em: http://www.paces.com.br/relatorio_arquivo.html>. Acesso em: 23/09/08

RAIJ, Bernardo van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88p.

RAIJ, B. van. Uso do Gesso na Agricultura. **Informações Agronômicas**, Campinas, n. 117, 2007.

RAIJ, Bernardo Van. **Curso de Capacitação na Cultura de Café**. Mococa: CATI, 2008.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000, 80p.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E.; COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah oxisols. **Soil Science**, Baltimore, 1982.

RISTHER, Almir. **Estudo Do ciclo do enxofre**, 2008. Disponível em: <http://www.coladaweb.com/quimica/cicloenxofre.htm>>. Acesso em: 18/09/08.

SILVA, N. M. da; RAIJ, B. van; CARVALHO, L. H. de; BATAGLIA, O. C.; KONDO, J. I; Efeitos Do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. **Bragantia**, Campinas, v.56, n.2, 1997.

SILVA, A. A.; VALE, F. R.; FERNANDES, L. A.; FURTINI-NETO, A. E.; MUNIZ, J. A. Efeitos de relações CaSO₄/CaCO₃ na mobilidade de nutrientes e no crescimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, Viçosa, 1998.

SILVEIRA, D.A. **Efeitos da calagem e da gessagem nas características químicas do solo, no desenvolvimento do sistema radicular e na produção do cafeeiro (*Coffea arabica L.*)**.94 p.Tese (Mestrado)- Lavras: UFLA, 1995.

SOUZA, D. M. G. **Uso de gesso na agricultura**. In: SEMINÁRIO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE PERNAMBUCO, PARAÍBA E RIO GRANDE DO NORTE, Natal, 1988.

SOUZA, D. M. G. de; LOBATO, E.; REIS, T. A . **Uso de gesso agrícola nos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA- CPAC, 1995.

TOMAZ, Marcelo A.; SOUZA, Caetano Marciano de; SAKIYAMA, Ney S. **Avaliação do Sistema Radicular em Mudas, 2008**. Disponível em: <http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=331>>. Acesso em:17/09/08

ZAMBOLIM, Laércio. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa : UFV, 2001.

ZAMBOLIM, Laércio. **O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café**. Viçosa: UFV, 2002.

ANEXO

Amostras		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ca	cmol/dm ⁻³	1,10	1,00	1,70	1,00	1,10	1,00	1,70	1,20	0,90
Mg	cmol/dm ⁻³	0,20	0,20	0,40	0,40	0,50	0,40	0,30	0,40	0,20
K	cmol/dm ⁻³	0,22	0,19	0,39	0,23	0,41	0,41	0,64	0,19	0,70
Al	cmol/dm ⁻³	1,00	0,40	1,30	1,40	1,00	2,00	1,70	1,20	1,00
H+Al	cmol/dm ⁻³	4,50	3,90	6,00	8,70	6,10	7,00	7,50	5,20	5,30
SB	cmol/dm ⁻³	1,52	1,39	2,49	1,63	2,01	1,81	2,64	1,79	1,80
CTC (t)	cmol/dm ⁻³	2,52	1,79	3,79	3,03	3,01	3,81	4,34	2,99	2,8
CTC (T)	cmol/dm ⁻³	6,02	5,29	8,49	10,33	8,11	8,81	10,14	6,99	7,1
m	%	39,68	22,35	34,3	46,2	33,22	52,49	39,17	40,13	35,71
% Ca CTC	%	18,27	18,90	20,02	9,68	13,56	11,35	16,76	17,17	12,68
V	%	25,20	17,90	37,90	30,30	30,10	38,10	43,40	29,90	28,00

Amostras		10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ca	cmol/dm ⁻³	0,20	1,10	1,10	1,60	0,60	2,60	0,60	0,60	0,40
Mg	cmol/dm ⁻³	0,10	0,30	0,50	0,40	0,20	0,30	0,20	0,10	0,20
K	cmol/dm ⁻³	0,16	0,49	1,25	0,77	0,76	0,77	0,56	0,23	0,30
Al	cmol/dm ⁻³	1,00	1,00	1,80	1,30	1,60	2,30	1,50	2,30	2,90
H+Al	cmol/dm ⁻³	4,70	8,00	9,10	7,70	8,90	14,00	8,80	10,90	14,70
SB	cmol/dm ⁻³	0,46	1,89	2,83	3,27	1,56	3,67	1,36	0,93	0,90
CTC (t)	cmol/dm ⁻³	1,46	2,89	4,63	4,57	3,16	5,97	2,86	3,23	3,80
CTC (T)	cmol/dm ⁻³	5,16	9,89	11,93	10,97	10,46	17,67	10,16	11,83	15,60
m	%	68,49	34,60	38,88	31,94	50,63	38,53	52,45	71,21	76,32
% Ca CTC	%	3,88	11,12	9,22	14,58	5,74	14,71	5,90	5,07	2,56
V	%	14,60	28,90	46,30	40,70	31,60	59,70	28,60	32,30	38,00