

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GABRIEL FERNANDES PINTO FERREIRA

CALAGEM E GESSAGEM NO CULTIVO DO CAFEEIRO ARÁBICA NO  
BRASIL

CURITIBA

2021

GABRIEL FERNANDES PINTO FERREIRA

CALAGEM E GESSAGEM NO CULTIVO DO CAFEEIRO ARÁBICA NO  
BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-graduação em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Programa de Educação Continuada em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná como requisito para obtenção de certificado de Especialização.

Orientador: Prof. Dr. Volnei Pauletti  
Coorientadora: Ana Elisa Lyra Brumat

CURITIBA

2021

## RESUMO

O cafeeiro arábica é uma espécie sensível à acidez do solo, tanto em superfície quando em camadas mais profundas. O diagnóstico das condições químicas do solo é fundamental para recomendação de calagem e gessagem no cultivo desta espécie, para garantir condições favoráveis ao crescimento das raízes e absorção de água e nutrientes pelas plantas. No Brasil, existem diferentes métodos de diagnose e recomendação de uso de calcário e gesso agrícola aplicáveis à cultura do café, descritos em manuais de recomendação de diferentes estados. Objetiva-se com este trabalho, sob a forma de pesquisa bibliográfica, descrever os critérios diagnósticos de recomendação e de uso das práticas de calagem e gessagem para a cultivo do café arábica no Brasil e constatar os principais resultados obtidos pela pesquisa agrônômica e disponíveis na literatura técnico-científica especializada. Observou-se que a calagem é predominantemente recomendada pelo método de elevação do índice de saturação por bases (V%) e na maioria dos trabalhos avaliados, a aplicação do calcário proporcionou correção do pH, neutralização do  $Al^{3+}$  tóxico, disponibilização de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , e a própria elevação do índice V na camada superficial do solo (0-20 cm). Para a gessagem, constatou-se a existência de critérios diagnósticos relacionados ao uso do gesso conforme os teores de  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  e saturação por alumínio na camada subsuperficial do solo (20-40 cm) enquanto que o cálculo de dosagem recomendada é baseada em critérios químicos e físicos do solo. De maneira geral, observou-se nos trabalhos encontrados que a gessagem proporcionou melhoria das condições químicas do subsolo, disponibilizando  $Ca^{2+}$  e diminuindo a saturação por  $Al^{3+}$ . Conclui-se que o uso do calcário e do gesso agrícola é fundamental para o cultivo do cafeeiro arábica pois promovem a adequação do ambiente radicular ao longo do perfil do solo e favorecem consequentemente a maior produtividade das lavouras.

**Palavras-chave:** Acidez do solo. *Coffea arabica*. Condicionador do solo. Crescimento radicular.

## ABSTRACT

Arabica coffee is a species sensitive to soil acidity, both on the surface and in deeper layers. The diagnosis of the chemical conditions of the soil is essential for recommending liming and gypsum in the cultivation of this species, to ensure favorable conditions for root growth and absorption of water and nutrients by the plants. In Brazil, there are different methods for diagnosing and recommending the use of limestone and agricultural gypsum applicable to coffee cultivation, described in recommendation manuals from different states. The objective of this work, in the form of a bibliographic research, is to describe the diagnostic criteria for recommendation and use of liming and plastering practices for the cultivation of Arabica coffee in Brazil and to verify the main results obtained by agronomic research and available in the literature technical-scientific specialist. It was observed that liming is predominantly recommended by the method of increasing the base saturation index (V%) and in most of the studies evaluated, the application of lime provided pH correction, neutralization of toxic  $Al^{3+}$ , availability of  $Ca^{2+}$  and  $Mg^{2+}$ , and the increase in the V index in the soil surface layer (0-20 cm). For plastering, the existence of diagnostic criteria related to the use of gypsum was found according to the levels of  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  and aluminum saturation in the subsurface layer of the soil (20-40 cm) while the calculation of the recommended dosage is based on criteria chemical and physical soil. In general, it was observed in the studies found that plastering provided an improvement in the chemical conditions of the subsoil, providing  $Ca^{2+}$  and decreasing the saturation by  $Al^{3+}$ . It is concluded that the use of limestone and agricultural gypsum is essential for the cultivation of Arabica coffee because they promote the adequacy of the root environment along the soil profile and consequently favor greater crop productivity.

**Keywords:** Soil acidity. *Coffea arabica*. Soil Conditioner. Root growth.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
1.1 OBJETIVOS .....	7
1.2 JUSTIFICATIVA.....	7
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	8
2.1 Cultura do cafeeiro arábica no Brasil.....	8
2.2 Solos cultivados com o cafeeiro arábica.....	9
2.3 Recomendações de uso da calagem .....	10
2.4 Recomendações de uso da gessagem.....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	18
4.1 Calagem no cultivo do cafeeiro arábica no Brasil: resultados experimentais .....	18
4.2 Gessagem no cultivo do cafeeiro arábica no Brasil: resultados experimentais.....	21
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura é uma das principais atividades agrícolas do Brasil, que se destaca na condição de maior produtor e exportador mundial de café. As duas espécies amplamente cultivadas no Brasil são a *Coffea arabica* L., denominada de café arábica, e *Coffea canephora* Pierre, denominada de café robusta (MATIELLO et al., 2016). Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB (2020), a área atualmente cultivada com café no Brasil é de cerca de 2,16 milhões de hectares, sendo que a área em produção corresponde a 1,88 milhões de hectares.

A produção na safra 2020 foi estimada em aproximadamente 63,08 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (CONAB, 2020), o que representou aproximadamente 38,2% da produção mundial, segundo a Organização Internacional do Café - ICO (2020). A principal espécie cultivada no Brasil é a *Coffea arabica* L. ocupando área aproximadamente de 1,76 milhão de hectares, o que corresponde a 81% da área existente com lavouras de café no Brasil. Sua produção foi estimada em 48,77 milhões de sacas nesta referida safra (CONAB, 2020).

A importância da cafeicultura se traduz pelo desenvolvimento de diversas regiões produtoras, tanto no âmbito econômico quanto no social, visto que a lavoura cafeeira é bastante difundida no território brasileiro e sua contribuição é historicamente relevante para a economia nacional, em função da geração de renda e empregos (BLISKA et al., 2009a). Embora haja essa ampla difusão, a produção cafeeira predomina praticamente em seis Estados: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Paraná, Bahia e Rondônia (BLISKA et al., 2009b; CONAB, 2020).

A cafeicultura brasileira se caracteriza por diversos fatores que envolvem as práticas agronômicas de cultivo e suas tecnologias (MATIELLO et al., 2016). Dentre as práticas recomendadas, destacam-se a calagem e a gessagem, visto que, no Brasil, o cafeeiro arábica é predominantemente cultivado em solos ácidos, sendo necessária à sua correção para atenuar os efeitos negativos da acidez sobre a cultura (COSTA et al., 2020).

O calcário é preconizado como corretivo da acidez na camada superficial do solo, enquanto que o gesso agrícola é recomendado como condicionador das condições químicas do subsolo, sendo importante pelo fato de aumentar o volume de solo explorado pelo sistema radicular do cafeeiro, permitindo, assim, maior eficiência no uso da água e dos nutrientes (MATIELLO et al., 2016). A melhor eficiência da

adubação e nutrição mineral do cafeeiro depende, portanto, dessa correção, tanto na camada superficial como em profundidade (FAVARIN et al., 2010).

## 1.1 OBJETIVOS

- Objetivo Geral

Objetivou-se com este trabalho, sob a forma de pesquisa bibliográfica, descrever os critérios diagnósticos de recomendação e uso das práticas de calagem e gessagem para a cultura do cafeeiro arábica e os respectivos resultados disponíveis em publicações científicas especializadas.

- Objetivos Específicos

Descrever os diferentes métodos de recomendação de calagem e os principais resultados agronômicos obtidos pelo uso calcário na cultura do cafeeiro arábica descritos na literatura científica especializada;

Descrever os diferentes métodos de recomendação de gessagem e os principais resultados agronômicos obtidos pelo uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro arábica descritos na literatura científica especializada.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A análise das condições químicas do perfil do solo, principalmente aquelas relacionadas à acidez, é importante para se estabelecer um sistema de manejo capaz de proporcionar um ambiente favorável ao desenvolvimento radicular do cafeeiro. O diagnóstico das condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular de culturas menos tolerantes à acidez, como é o caso do cafeeiro arábica, é fundamental para recomendação de uso e manejo dos corretivos de acidez, através das práticas de calagem e gessagem. Diante da relevância e importância da cafeicultura para diversas regiões produtoras no Brasil, verifica-se a necessidade de adoção de práticas agronômicas de uso de calcário e gesso agrícola a fim de garantir condições adequadas à maior produtividade das lavouras de café. Embora a calagem e a gessagem sejam práticas de uso comum na cafeicultura, ainda persistem diversos questionamentos sobre as doses recomendáveis, efeito residual, localização ideal de aplicação do calcário e gesso nas lavouras cafeeiras, que são esclarecidos pela pesquisa científica.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Cultura do cafeeiro arábica no Brasil

O cafeeiro arábica é uma planta nativa oriunda de sub-bosques das florestas da Etiópia e sul do Sudão, em altitudes que variam de 1.600 a 2.000 m e de clima ameno e úmido, com temperaturas que oscilam entre 17 e 19°C nos meses mais frios, e entre 22 e 26°C nos meses mais quentes (LIVRAMENTO, 2010). Nestas condições ambientais o cafeeiro arábica evoluiu para produção de poucas flores e, portanto, não produz elevada carga de frutos (DAMATTA et al., 2008). Entretanto, o cultivo do café arábica expandiu-se às mais variadas condições edafoclimáticas, mediante alterações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas (RENA et al., 1998).

No Brasil, o cafeeiro arábica foi conduzido como cultura agrícola desde sua introdução nas mais diversas formas de manejo, tipos de solo, clima, arranjos de espaçamento, submetidos a estresses ambientais, procurando-se sempre a máxima produtividade. O sucesso da expansão da cafeicultura no Brasil foi possível, então, devido às pesquisas agronômicas, realizadas por várias instituições, favorecendo sua adaptação e produtividade (LIVRAMENTO, 2010).

O cafeeiro arábica apresenta elevada demanda por nutrientes (MARTINEZ & NEVES, 2015). Em sua fase de desenvolvimento, o cafeeiro destina a maior parte dos nutrientes absorvidos à sua formação, ou seja, ao crescimento das raízes, tronco, ramos e folhas. Quando se encontra em pleno regime de produção, a maior porcentagem dos nutrientes absorvidos é destinada à frutificação e outra parte é consumida na formação de ramos e folhas novas (GUIMARÃES & REIS, 2010). O cafeeiro arábica se caracteriza, portanto, pela grande exportação de nutrientes da área cultivada (FARNEZI et al., 2009), principalmente através dos frutos (MARTINEZ & NEVES, 2015). Algumas pesquisas pioneiras realizadas aos cinco anos de cultivo demonstraram que o cafeeiro exporta, através da colheita, em relação ao conteúdo total da planta: 45% de N; 56% de P; 62% de K (CIETTO et al., 1991a); 25% de Ca; 32% de Mg; 37% de S (CIETTO et al., 1991b); 30% de B; 46% de Cu; 26% de Fe; 14% de Mn e 25% de Zn (CIETTO & HAAG, 1989). Dados de pesquisas mais recentes demonstram que o cafeeiro arábica exporta por cada tonelada de café em coco produzido as seguintes quantidades de nutrientes: 37,1 kg t<sup>-1</sup> de N; 2,1 kg t<sup>-1</sup> de P; 40,5 kg t<sup>-1</sup> de K; 7,1 kg t<sup>-1</sup> de Ca; 3,3 kg t<sup>-1</sup> de Mg; 2,0 kg t<sup>-1</sup> de S; 38,3 g t<sup>-1</sup> de Cu; 6,8 g t<sup>-1</sup>

de Zn; 45,2 g t<sup>-1</sup> de B e 61,7 g t<sup>-1</sup> de Mn (NEPAR, 2019). Dessa maneira, a nutrição mineral constitui um dos requisitos mais importantes para que o cafeeiro possa expressar o seu potencial produtivo (GUERRA et al., 2007).

A elevada quantidade de nutrientes extraídos pelo cafeeiro gera cada vez mais a necessidade de aplicação de adubos e corretivos por parte dos produtores, a fim de maximizar sua produção (CORRÊA et al., 2001). Na adubação do cafeeiro arábica, os nutrientes N, P e K são normalmente fornecidos via fertilizantes minerais (MARTINEZ & NEVES, 2015), o Ca e o Mg por corretivos da acidez, como o calcário (CORRÊA et al., 2007; RAIJ, 2011) e o S pode ser fornecido pelo gesso agrícola, podendo suprir a planta com esse nutriente por vários anos (RAIJ et al. 1997).

O cafeeiro arábica é uma planta perene que necessita de solos profundos para seu desenvolvimento (MATIELLO et al., 2016) e que permitam boa expansão em volume e profundidade de seu sistema radicular e que também ofereçam condições hídricas e nutricionais equilibradas (MARTINEZ & NEVES, 2015). A maior parte do sistema radicular do cafeeiro encontra-se sob a projeção da copa da planta (MATIELLO et al., 2016) e suas raízes apresentam boa ramificação tanto na direção horizontal quanto na vertical (CARDUCCI et al., 2014). Seu sistema radicular pode ultrapassar de 2,00 m de profundidade (MATIELLO et al. 2016). Segundo Motta et al. (2006), há grande variação no sentido horizontal e vertical nas propriedades químicas do solo que por sua vez influencia diretamente a distribuição de raízes do cafeeiro arábica. Assim, as características dos solos devem ser bem conhecidas de forma a permitir que se retire o máximo proveito dos seus parâmetros favoráveis ou se contorne da melhor maneira aqueles que podem atribuir limitações à produtividade (BOTELHO et al., 2010).

## 2.2 Solos cultivados com o cafeeiro arábica

A cafeicultura brasileira está implantada, em sua grande maioria, em solos de baixa fertilidade (natural ou solos desgastados pelo mau uso anterior), com predominância de acidez elevada; altos teores de alumínio; baixos teores de matéria orgânica, P, Ca, Mg e K; baixa disponibilidade de micronutrientes e baixo índice de saturação por bases (MATIELLO et al., 2016).

A princípio, o aspecto mais importante a ser considerado na escolha do solo para cultivo do cafeeiro arábica era sua fertilidade natural. Por isso, a maioria das

lavouras cafeeiras estava localizada em solos podzolizados (a exceção do Latossolo Roxo, em São Paulo e Norte do Paraná), geralmente os mais férteis, entretanto ocupando relevos mais acidentados, sendo, portanto, bastante susceptíveis à erosão, exigindo cuidados conservacionistas e, em geral, não são adequados ao intenso uso de máquinas agrícolas (SANTANA & NAIME, 1978 *apud* GUIMARÃES & REIS, 2010). Parte dos solos podzolizados é atualmente classificada como Argissolos (EMBRAPA, 2013).

A necessidade de expansão da fronteira agrícola, a carência de mão-de-obra e o avanço da tecnologia de adubos levaram a cafeicultura para solos mais pobres, em termos de fertilidade natural, mas excelentes sob os aspectos físicos e topográficos, extremamente favoráveis à mecanização intensiva, que são os Latossolos (SANTANA & NAIME, 1978 *apud* GUIMARÃES & REIS, 2010). Os Latossolos apresentam avançado estágio de intemperização, são de maneira geral muito profundos, fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos e têm baixa capacidade de troca de cátions da fração argila (EMBRAPA, 2013). Entretanto, favorecem a utilização agrícola, desde que sejam corrigidas as deficiências de nutrientes (OLIVEIRA, et al., 1992).

Para que o cafeeiro tenha bom desenvolvimento e produtividade adequada, é necessário que a fertilidade do solo seja reconstituída. O manejo adequado dos solos cultivados com café pressupõe, portanto, a melhoria de sua fertilidade através de práticas que preservem e aumentem os teores de matéria orgânica, diminuam a acidez, proporcionem crescimento radicular vigoroso e disponibilizem nutrientes em quantidade e proporções adequadas. Dessa forma, o uso de corretivos de acidez e o fornecimento adequado de nutrientes são muito importantes para o sucesso das lavouras de café (MATIELLO et al., 2016).

### 2.3 Recomendações de uso da calagem

A maioria das lavouras cafeeiras brasileiras encontram-se implantadas em solos ácidos, com baixa disponibilidade de Ca e Mg, tornando a calagem uma prática imprescindível ao cultivo racional dos cafezais (MATIELLO et al., 2016; GUARÇONI, 2017). A acidez do solo está intimamente ligada à presença dos íons  $Al^{3+}$  e  $H^+$  na solução ou ligados à fase sólida do solo (QUAGGIO, 2000). Segundo Raij (2011), a calagem é a forma mais tradicional e disseminada de corrigir a acidez dos solos e

reduzir seu efeito sobre as culturas. Quando a saturação por  $\text{Ca}^{2+}$  no complexo de troca é inferior a 20%, há forte limitação ao crescimento das raízes no solo, na maioria das espécies cultivadas (QUAGGIO, 2000).

Na cultura do café arábica, tem-se constatado inúmeros benefícios pela prática de calagem aplicada na superfície do solo ou incorporada, por promover a neutralização do alumínio tóxico ( $\text{Al}^{3+}$ ) no solo, insolubilizar o manganês (Mn), fornecer Ca e Mg exigidos pelo cafeeiro, melhorar o aproveitamento das adubações químicas, através da elevação do pH, e aumentar a atividade microbiana do solo, que refletem diretamente em maior produtividade do cafeeiro (MATIELLO et al., 2016). O cafeeiro arábica apresenta uma demanda elevada de Ca, sendo este macronutriente absorvido em maiores concentrações em solos com pH entre 5,5 a 6,5 (RODRIGUES et al., 2006). Entretanto, pH acima de 6,0 pode comprometer a disponibilização dos micronutrientes para o cafeeiro (MATIELLO et al., 2016). Segundo Chaves et al. (1991), o peso da matéria seca das plantas de cafeeiro arábica aumentou proporcionalmente com a elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e diminuição do  $\text{Al}^{3+}$  na solução do solo. Teores de  $\text{Ca}^{2+}$  no complexo de troca catiônica do solo (0-20 cm) de 2,8 a 4,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  é considerado como sendo “bom” e acima de 4,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  como “muito bom” (ALVAREZ et al., 1999a).

A necessidade de calagem deve ser estimada de forma criteriosa, caso contrário pode ser aplicado calcário em doses insuficientes, ou pior, doses excessivas, que, de uma forma ou de outra, irão acarretar queda na produtividade das lavouras em relação ao seu potencial produtivo (GUARÇONI, 2017). Os principais métodos para o cálculo de recomendação de calagem para a cultura do cafeeiro são do índice de saturação por bases (V%) e da neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  e elevação dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (ANDRADE, 2001). Estes métodos são baseados em conceitos distintos, mas amplamente aceitos e utilizados (PREZOTTI & GUARÇONI, 2013), e preconizam para seu cálculo: 1) padronização para uma área de 10.000  $\text{m}^2$  (1 hectare); 2) profundidade de 0-20 cm do solo; e 3) calcário com PRNT de 100% (GUIMARÃES & REIS, 2010).

O método do V% é recomendado na literatura especializada para os estados de Minas Gerais (ALVAREZ & RIBEIRO, 1999b), São Paulo (RAIJ et al., 1997), Paraná (NEPAR, 2019) e Espírito Santo (PREZOTTI et al., 2007) e considera a relação existente entre o pH e o V%. Para os estados de Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo, a recomendação é elevar V a 60% na profundidade efetiva de 0-20 cm (ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999b; NEPAR, 2019; PREZOTTI et al., 2007) enquanto

que no estado de São Paulo, a recomendação é elevar a V a 50% e o teor de  $Mg^{2+}$  ao mínimo de  $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (RAIJ et al., 1997). Matiello et al. (2016) consideram que, para a cultura do cafeeiro arábica, deve-se elevar a V a 60% em solos com  $CTC < 7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; solos com CTC entre 7 e  $10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , pode utilizar a V de 50%; e em solos com  $CTC > 10 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , pode-se trabalhar com a V de 40%. Guarçoni (2017) estimou V% que estaria relacionada com os valores de pH sugeridos para o cafeeiro, bem como ao suprimento adequado de Ca e Mg, considerando solos com CTC pH 7,0 (baixa, média ou boa) e destacou que a relação entre pH e V não é linear, ou seja, que para um mesmo pH, o valor de V varia de acordo com a CTC a pH 7,0 do solo. Assim, foram estabelecidas distintas equações que relacionam pH e V, considerando a classe de CTC pH 7,0 e recomendando-se finalmente os seguintes valores de saturação por bases esperada ( $V_e$ ) para o cafeeiro:  $V_e = 90\%$  ( $T \text{ "baixa"} < 4,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ );  $V_e = 70\%$  ( $4,30 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} < T \text{ "média"} < 8,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ) e  $V_e = 60\%$  ( $8,60 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3} < T \text{ "boa"} < 15,00 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ).

A fórmula do cálculo da necessidade de calagem (NC) por este método, dado em  $t \cdot ha^{-1}$ , é  $NC = T \cdot (V_e - V_a) / 100$ , em que:  $T = CTC$  a pH 7,0;  $V_e =$  saturação por bases esperada ou desejada e  $V_a =$  saturação por bases atual do solo (ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999b). Corrêa et al. (2007) citam que o aumento dos valores da saturação por bases (V%) elevou os teores de  $Ca^{2+}$ , a relação Ca:Mg e o pH do solo, e reduziu os teores de  $Al^{3+}$ , a saturação por Al (m%), a acidez potencial (H + Al). O método da neutralização do  $Al^{3+}$  e elevação dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  é recomendado para o estado de Minas Gerais (ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999b) e considera ao mesmo tempo características do solo e exigências das culturas. A fórmula do cálculo da necessidade de calagem (NC) por este método, dado em  $t \cdot ha^{-1}$ , é  $NC = a \cdot (Al^{3+}) + (b \cdot (Ca^{2+} + Mg^{2+}))$ , em que: a = fator calagem, que é dado em função do fósforo remanescente (P-rem) ou da textura do solo; b = requerimento de Ca e Mg pela cultura, que segundo Andrade (2001) para a cultura do cafeeiro arábica o fator é 3,5.

O calcário é o material mais utilizado pelos cafeicultores para corrigir a acidez dos solos e é classificado em função dos teores de óxido de cálcio e de magnésio em: 1) calcário calcítico (41 a 46% de CaO e 2 a 5% de MgO); e 2) calcário dolomítico (25 a 30% de CaO e 5 a 20% de MgO) (MATIELLO et al., 2016). Segundo Quaggio (2000), o calcário na presença de água, dissolve-se e o carbonato de Ca dissocia-se, disponibilizando  $Ca^{2+}$ , bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) e hidroxilas ( $OH^-$ ) ao solo. Os produtos da dissolução do calcário interagem com os colóides do solo e com isso os íons  $Ca^{2+}$

deslocam os íons  $\text{Al}^{3+}$  ligado nas partículas coloidais para a solução de equilíbrio. Enquanto isso, o pH do meio é aumentado, pois, os íons  $\text{HCO}_3^-$ , provocam a dissociação dos íons  $\text{H}^+$ , formando água e gás carbônico. Com a elevação do pH, os íons  $\text{Al}^{3+}$  hidratados, sofrem hidrólise e os íons  $\text{H}^+$  provenientes dessa hidrólise são neutralizados (QUAGGIO, 2000). Assim, na cultura do café arábica, tem-se notado inúmeros benefícios pela prática de calagem, por reduzir o efeito do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico no solo e aumento nos teores foliares de Ca em diferentes cultivares de café arábica (MENDONÇA et al., 2007). A cultura do café é muito exigente em bases, sendo o Ca e o Mg normalmente fornecidos por corretivos da acidez, como o calcário (carbonato de Ca e Mg) (RAIJ, 2011). Entretanto, Matiello et al. (2016) destaca para o uso de dose adequada de calcário visto que seu excesso pode ocasionar desequilíbrios na fertilidade do solo, sobretudo na disponibilidade de macro e micronutrientes.

A correção do solo, pela aplicação de corretivos de acidez, como o calcário, é utilizada em cafezais em duas condições: 1) na implantação da lavoura, em área total, incorporando com aração e/ou gradagem; 2) em lavouras já implantadas, com aplicação em cobertura, podendo ser em área total ou em faixa de plantio (MATIELLO et al., 2016). Segundo Martinez & Neves (2015), é importante que o calcário seja incorporado o mais profundo possível por ocasião da implantação da lavoura. Chaves et al. (1988) também informam que a incorporação física do calcário só é viável antes da implantação da lavoura no campo, visto que após o plantio, esta operação é extremamente difícil e poderá apresentar problemas de ordem fisiológica pela destruição parcial das raízes superficiais das plantas e fitossanitária pela disseminação de patógenos do solo devido ao uso da mecanização. Favarin et al. (2010), em cafezal formado, onde as aplicações de calcário são feitas somente em superfície, as amostras de solo retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade podem fornecer indicadores incorretos para o manejo. Chaves et al. (1988) informam também que a aplicação superficial da calagem não foi eficiente para reduzir a acidez subsuperficial.

## 2.4 Recomendações de uso da gessagem

As limitações de uso de solos ácidos vão além da camada arável, atingindo as camadas subsuperficiais (VILELA et al., 2010). A acidez subsuperficial de solos é considerada um fator de redução de produtividade das culturas, pois restringe o

enraizamento das plantas, tornando-as mais suscetíveis à falta de água, especialmente em períodos de seca (RAIJ, 2008). A presença de baixo teor de  $\text{Ca}^{2+}$  e/ou elevado teor de  $\text{Al}^{3+}$  na camada subsuperficial inibe o crescimento radicular do cafeeiro em profundidade (FAVARIN et al., 2010). Nestas condições, a análise da fertilidade do subsolo tem como finalidade diagnosticar possíveis condições desfavoráveis ao desenvolvimento radicular, principalmente de culturas menos tolerantes à acidez (RAIJ, 2011) como é o caso do café (BRACCINI et al., 1998). Portanto, para recomendação de uso do gesso agrícola, deve-se analisar a camada de solo situada na profundidade de 20-40 cm (MARTINEZ & NEVES, 2015).

Essas condições são dadas, segundo Raij (2011), por: a)  $\text{Ca}^{2+} < 4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; b)  $\text{Al}^{3+} > 5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , associado com saturação por alumínio (m)  $> 40 \%$ , e que, segundo Raij (2008) são tidas como critérios de diagnose para o uso do gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Para o Estado de Minas Gerais, Alvarez V. et al. (1999c) recomendam que o gesso deve ser aplicado quando na camada subsuperficial (20-40 ou 30-60 cm) houver  $\text{Ca}^{2+} \leq 0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e/ou  $\text{Al}^{3+} > 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e/ou, ainda, quando a saturação por alumínio (m) for maior do que 30%. Já Sousa & Lobato (2002) consideram que os parâmetros de diagnose para uso do gesso agrícola são determinados quando  $\text{Ca}^{2+} < 0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e (m)  $> 20\%$ .

A determinação das dosagens de gesso necessárias é realizada a partir de diferentes fórmulas disponíveis na literatura que consideram aspectos químicos e físicos do solo. Em relação aos aspectos químicos, Malavolta et. al (1993) fazem recomendação baseada no teor de Ca do subsolo (20-40 cm), sendo a necessidade de gessagem definida por  $\text{N.G.} = (0,6 \cdot \text{CTC}_e - \text{meq Ca} \cdot 100 \text{ cm}^{-3})$  ou baseada no teor de Al, sendo  $\text{N.G.} = (\text{meq Al} \cdot 100 \text{ cm}^{-3} - 0,2 \cdot \text{CTC}_e) \times 2,5$ , e os valores expressos em tonelada por hectare ( $\text{t ha}^{-1}$ ).

Existem também recomendações baseadas no teor de argila das camadas mais profundas do solo (SERAFIM et al., 2012) como aquela proposta por Raij (2008), que calcula a necessidade de gessagem considerando neste caso aspectos físicos do subsolo (20-40 cm), baseada na fórmula  $\text{N.G.} = 7,5 \times \text{teor de argila (g Kg}^{-1})$  para culturas perenes. Alvarez et al. (1999c) também descrevem que a necessidade de gessagem pode ser feita de acordo com a textura das camadas subsuperficiais do solo. Entretanto, Raij (2008) relata que embora o teor de argila seja um atributo de solo que pode ser usado na quantificação da gessagem, sua consideração não dá

sustentação para o uso em solos de propriedades eletroquímicas muito diferentes, com capacidades diversas de retenção de sulfato.

O gesso agrícola pode ser de origem industrial, como subproduto da indústria de ácido fosfórico, através da reação do ácido sulfúrico sobre a rocha fosfatada moída (RAIJ, 2008) como também obtido em jazidas de gipsita, presentes em alguns estados do Brasil, a exemplo de Pernambuco e Maranhão (OLIVEIRA et al., 2012). É constituído principalmente por sulfato de Ca di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) (VITTI et al., 2008). Configura-se, portanto, como um insumo importante no manejo da fertilidade do subsolo na agricultura, pois além de ser capaz de corrigir a toxidez por Al (PARECIDO et al., 2021a; VILELA et al., 2010; RAIJ, 2008) e aumentar os teores de Ca e  $\text{SO}_4^{2-}$  (CAIRES et al., 2004; RAMOS et al., 2006; RAMOS et al., 2013; VITTI et al. 2008; SERAFIM et al., 2012; PAULETTI et al., 2014), apresenta eficiência na melhoria do ambiente radicular (RAMOS et al., 2013; SOBRAL et al., 2009) e melhora também a retenção de água no solo (CARDUCCI et al., 2015). Porém, é um sal neutro, não tendo a capacidade de corrigir o pH do solo (VITTI et al. 2008). Para a cultura do cafeeiro arábica, estas alterações são benéficas, pois favorecem o crescimento das raízes em maiores profundidades, melhorando o aproveitamento de nutrientes e água pelas plantas (RENA & GUIMARÃES, 2010).

Há preocupação, entretanto, quanto ao risco do uso excessivo de gesso agrícola, sem considerar o balanço de cargas das partículas do solo, o equilíbrio iônico e a CTC, podendo resultar em expressiva lixiviação de nutrientes ao longo do perfil do solo (RAMOS, et al. 2013), visto que o  $\text{Ca}^{2+}$  e o  $\text{SO}_4^{2-}$  podem favorecer a lixiviação de outros cátions para camadas além do alcance das raízes (RAIJ, 2008) especialmente  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , conforme constatado em algumas pesquisas brasileiras (PAULETTI et al., 2014; NAVA et al., 2012; SERAFIM et al., 2012; CAIRES et al., 2011; SORATTO & CRUSCIOL, 2008). Entretanto, segundo relata Favarin et al. (2010), em relação ao uso de altas doses de gesso, deve-se ressaltar que este insumo não se solubiliza de uma única vez, ou seja, é provável que o processo de solubilização ocorra entre 20% e 30% ao ano e depende da atividade da argila do subsolo. A movimentação de  $\text{Ca}^{2+}$  no perfil do solo após a aplicação do gesso é devido à formação do par iônico  $\text{CaSO}_4^0$ , que evita que o  $\text{Ca}^{2+}$  se ligue às cargas negativas do solo, favorecendo sua descida para camadas mais profundas (NAVA et al., 2012). O movimento do  $\text{Ca}^{2+}$  e do  $\text{SO}_4^{2-}$  no perfil do solo depende de fatores como: as doses aplicadas, a textura do solo e o volume de água acumulado (RAIJ, 2008; CAIRES et al, 2004).

O gesso agrícola deve ser distribuído sobre o solo, não havendo a necessidade de incorporação, visto que este insumo é solúvel em água, e nem necessidade de aplicações frequentes pois seus benefícios perduram por vários anos (RAIJ et al., 1997). Segundo Favarin et al. (2010), as respostas ao uso do gesso agrícola constatadas têm sido mais consistentes em Latossolos que em Argissolos. De acordo com Souza & Lobato (2002), o efeito da gessagem na produtividade do cafeeiro arábica cultivado na região do cerrado tem suas melhores respostas agronômicas apenas a partir da quarta safra.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi executado a partir de revisão da literatura atualizada, baseada em pesquisa bibliográfica especializada à temática do uso das práticas da calagem e gessagem no cultivo do cafeeiro arábica nas diferentes regiões produtoras do Brasil, com ênfase nos diferentes métodos diagnósticos e de recomendação de uso de calcário e gesso agrícola, bem como os resultados obtidos pela experimentação agrônômica. Para tanto, foi feita uma seleção de conteúdos publicados em livros, sites especializados, anais de eventos especializados (Simpósio Pesquisa Café e Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras) e também em artigos científicos, teses e dissertações disponíveis nas bases de dados da Capes, Scielo e Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: “fertilidade do solo”, “nutrição de plantas”, “cafeeiro arábica”, “acidez do solo”, “alumínio tóxico”, “calagem”, “calcário”, “carbonato de cálcio”, “gessagem”, “gesso agrícola”, “sulfato de cálcio”, “condicionador de solo”, “subsolo” e “crescimento radicular”, em língua portuguesa, e suas respectivas traduções para a língua inglesa.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Calagem no cultivo do cafeeiro arábica no Brasil: resultados experimentais

Os resultados de vários trabalhos experimentais realizados em diversos locais no Brasil demonstram benefícios da calagem no desempenho vegetativo e produtivo do cafeeiro arábica. Segundo Matiello et al. (2016), estes benefícios são decorrentes da melhoria das condições químicas do solo decorrentes desta prática. Dentre os critérios de recomendação de calagem utilizadas no Brasil para o cultivo de café arábica, a maioria dos experimentos científicos disponíveis na literatura considera o uso do método da elevação do índice V%, conforme preconizado em 60% nos estados de Minas Gerais, Paraná e Espírito Santo (ALVAREZ V. & RIBEIRO, 1999a; NEPAR, 2019; PREZOTTI et al., 2007) e em 50% no estado de São Paulo (RAIJ et al., 1997), baseado na análise de solo na profundidade de 0-20 cm.

Estudo realizado por Silva et al. (2004) objetivou avaliar a influência da densidade de plantas e o manejo da calagem na produtividade do cafeeiro arábica. O experimento foi realizado numa lavoura de café (cv. Catuaí Vermelho MG-99) cultivada em Latossolo Vermelho de textura argilosa, no estado de Minas Gerais. As densidades de cultivo avaliadas foram de 2.857 e 10.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O cálculo da calagem foi realizado considerando elevar V a 60%. As parcelas experimentais receberam os seguintes tratamentos: ausência de aplicação de calcário; calagem superficial; calagem com incorporação (camada de 0-20 cm) e calcário incorporado (0-20 cm) com uso adicional de gesso agrícola na dosagem de 2,0 t ha<sup>-1</sup>. Estes autores observaram que a densidade de plantio de cafeeiro não exerceu influência sobre o pH, atributos de fertilidade do Latossolo e sobre o estado nutricional do cafeeiro. Além disso, foram constatadas variações nos valores dos parâmetros de fertilidade do solo conforme o manejo da calagem. Nos tratamentos em que o calcário foi incorporado, os teores pH, V e Ca<sup>2+</sup> foram maiores em relação aos tratamentos em que não houve aplicação ou que tenha sido aplicado somente em superfície. Apenas 34 meses após a calagem é que foi observada V acima de 60% para todos os tratamentos que usaram calcário exclusivamente na camada de 0-10 cm. Em relação à aplicação de gesso agrícola, os teores de Mg<sup>2+</sup> e K<sup>+</sup> no perfil do solo não foram afetados. Ou seja, com a dosagem aplicada não ocorreu o efeito de lixiviação desses cátions das camadas superficiais para as mais profundas.

Também no estado de Minas Gerais, Corrêa et al. (2007) avaliaram a aplicação de calcário em superfície num Latossolo Vermelho-Amarelo com alto teor de argila, numa lavoura cultivada com cafeeiro arábica (cv. Catuaí Vermelho IAC-144), de 6 anos de idade, em espaçamento de 2,5 x 0,8 m. Os tratamentos consistiram na aplicação de doses crescentes de calcário, recomendadas em função da elevação da saturação por bases a 30, 40, 50, 60 e 70%, cujas doses de calcário foram respectivamente: 1,0; 2,0; 2,8; 3,7 e 4,6 t ha<sup>-1</sup>. Os resultados obtidos demonstraram que a calagem proporcionou aumento linear do pH e do V% na camada de 0-20 cm, na projeção da copa do cafeeiro. Os autores também constataram que o aumento do valor (V%) elevou os teores de cálcio, a relação Ca:Mg e o pH do solo e reduziu os teores de Al, a saturação por Al (m%), a acidez potencial (H + Al) e os teores foliares de Mn. E finalmente, as maiores produções dos cafeeiros foram obtidas a uma saturação por bases (V%) de 55,11%.

Em experimento conduzido por Mendonça et al. (2007) foi avaliado a resposta de quatro diferentes cultivares de cafeeiro arábica à aplicação de calcário cultivadas em Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, com elevada saturação por alumínio, no estado de Minas Gerais. A recomendação da calagem foi realizada considerando V=70% e as dosagens aplicadas foram: 0,0; 0,5; 1,0; e 1,5 vezes a exigência de calcário calculada. As avaliações foram feitas 34 meses após o plantio. Os resultados obtidos demonstraram que houveram maior crescimento da parte aérea e do sistema radicular, e aumento nos teores foliares de Ca, relacionando isso com a redução do efeito do Al<sup>3+</sup> tóxico no solo. O desenvolvimento da raiz e do caule das variedades estudadas não foi prejudicado pela saturação de 30% de Al<sup>3+</sup> na camada de solo arável (0-20 cm). Entretanto, em saturações mais altas, o alumínio restringiu a superfície específica da raiz de cafeeiros.

Pesquisa realizada por Parecido et al. (2021), no estado de São Paulo, foi avaliado o método de calagem e efeitos da taxa na acidez do solo e na nutrição, crescimento e produtividade do café arábica (cv. Catuaí Amarelo – IAC 74) cultivado em Argissolo Vermelho-Amarelo. A recomendação da calagem foi feita considerando a elevação de V a 60%, o que correspondeu a uma dosagem de 2.100 kg ha<sup>-1</sup>. Dessa forma, foram estabelecidos os seguintes tratamentos: ausência de aplicação de calcário; aplicação de 2.100 e 4.200 kg ha<sup>-1</sup> em área total; e aplicação de 2.100 e 4.200 kg ha<sup>-1</sup> na faixa de cultivo. Os resultados obtidos demonstraram que a calagem melhorou os atributos químicos do solo até a profundidade de 20 cm. Além disso, o

calcário aplicado em faixa foi mais eficiente na redução da acidez e no aumento das concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no solo abaixo do dossel da planta, bem como para aumentar o crescimento da planta e a produtividade do café. As doses de calcário maiores do que as atualmente recomendadas não causaram um aumento excessivo no pH do solo ou deficiência de micronutrientes nos cafeeiros.

No estado da Bahia, Santos et al. (2013) realizaram diagnóstico de acidez em lavouras de café arábica e constataram com base nos resultados obtidos nas análises de solo que, de modo geral, as amostras apresentaram predominantemente pH baixo, sendo necessária a aplicação de calcário em média de  $2,6 \text{ t ha}^{-1}$  para elevar a saturação por bases (V%) de 35,7% em média para 60%. Souza et al. (2000) também observaram em Latossolos de diferentes texturas em lavouras cafeeiras que a aplicação de calcário para elevação da saturação por bases resultou em maiores valores de pH e em menores valores de  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H+Al}$ , proporcionando melhoria nas características químicas desses solos. Também em estudo na Bahia, Oliveira et al. (2000), verificaram em lavoura experimental de café arábica (cv. Catuaí Vermelho) que diferentes doses de calcário (0; 3; 6 e  $9 \text{ t ha}^{-1}$ ) aplicadas a lanço e incorporadas ao solo aumentaram os teores de Ca, Mg e o pH até a camada de 20 cm de profundidade. Nesta mesma área, Moreira et al. (2001) constataram que a produtividade de café aumentou com as doses de calcário, sendo alcançada a máxima eficiência econômica com a dosagem de  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ .

Considerando os resultados experimentais apresentados, em geral, a calagem proporcionou incremento no desenvolvimento vegetativo e na produtividade do cafeeiro arábica com a elevação da saturação por base (V%), especialmente quando calculada para 60%. Entretanto, há relatos em alguns destes estudos cuja calagem não atingiu esse valor de V recomendado. Além disso, constata-se também a correção do pH, a neutralização do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico e disponibilização de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . A princípio, estes dados experimentais indicam que este método de recomendações apresentadas por Alvarez V. & Ribeiro (1999b), NEPAR (2019) e Prezotti et al. (2007) está adequado ao cultivo do cafeeiro arábica. Entretanto, há de se considerar as informações sugeridas por Matiello et al. (2016) e Guarçoni (2017), a fim de melhor calcular as doses de calcário a serem aplicadas. Consequentemente, há a necessidade de ampliação das experimentações com fontes, doses, épocas e locais de aplicação de calagem em solos diversos aos já pesquisados a fim de embasar e aperfeiçoar esta prática no cultivo do cafeeiro arábica.

## 4.2 Gessagem no cultivo do cafeeiro arábica no Brasil: resultados experimentais

As pesquisas relacionadas ao uso do gesso agrícola na cultura do café arábica têm demonstrado resultados positivos no tocante à melhoria das condições físicas e químicas do subsolo, favorecendo o ambiente para o crescimento radicular do cafeeiro em profundidade. Para o gesso, a recomendação baseia-se na análise de solo na profundidade de 20-40 cm, e levam em conta as condições químicas, especialmente os teores de Ca e Al ou saturação por Al nesta camada. Segundo Raij (2011), a gessagem pode trazer resultados favoráveis à produtividade do cafeeiro quando o teor de  $\text{Ca}^{2+}$  for menor  $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e de  $\text{Al}^{3+}$  for maior que  $5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , associados à saturação por alumínio (m) maior que 40%, na análise do solo. Em Minas Gerais, Alvarez V. et al. (1999c), recomendam gesso nestas mesmas condições, porém diminuindo a saturação por Al a 30%. Já Sousa & Lobato (2002) também utilizam o critério de teor de  $\text{Ca}^{2+}$  menor que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , mas diminuindo ainda mais o limite para saturação por alumínio, ou seja, para 20%. As dosagens utilizadas nos trabalhos avaliados foram definidas alguns pela fórmula química (MALAVOLTA et al., 1993) e outros considerando o teor de argila do solo, conforme proposto por Raij (2008).

Destaca-se que os resultados da maioria dos estudos disponíveis na literatura estão relacionados às doses aplicadas, inclusive com uso de superdosagens, e ao local de aplicação em relação às plantas, principalmente na faixa de cultivo do cafeeiro, com demonstração dos seus respectivos efeitos no subsolo.

Em pesquisa realizada por Ramos et al. (2013) foram avaliados os efeitos de diferentes doses de gesso agrícola aplicados numa lavoura de café arábica (cv. Catucaí Amarelo) nas características químicas de um Latossolo Vermelho distrófico, no estado de Minas Gerais. O solo foi preparado com aplicação de calcário (considerando  $V=60\%$ ) e gesso agrícola (dosagem de  $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) a lanço e incorporados. Os tratamentos consistiram em: gesso apenas no preparo do solo ( $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ); gesso no preparo ( $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) acrescido de mais  $7,0 \text{ t ha}^{-1}$  deste insumo na linha de plantio; e gesso no preparo do solo ( $2,0 \text{ t ha}^{-1}$ ) com aplicação de mais  $56,0 \text{ t ha}^{-1}$  na linha de cultivo. A avaliação das condições químicas do subsolo foi feita 16 meses após a aplicação deste condicionador de solo. Os resultados obtidos demonstraram que a aplicação de gesso agrícola foi eficiente na melhoria do ambiente radicular no subsolo e aumentou a concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na solução do solo acima do nível crítico.

Em outro experimento realizado no estado de Minas Gerais, Carducci et al. (2015) avaliaram o uso de diferentes doses de gesso agrícola (0,0; 7,0 e 28,0 t ha<sup>-1</sup>) em lavoura de café arábica (cv. Catucaí Amarelo) recém-implantada em Latossolo Vermelho distrófico de textura muito argilosa. O gesso foi aplicado superficialmente na linha de cultivo e a análise do subsolo realizada nas profundidades de 0,20-0,34; 0,80-0,94; e de 1,50-1,64 m. Os autores constataram que a maior dose de gesso promoveu melhor distribuição espacial do sistema radicular e foi mais homogênea na direção vertical do perfil do solo. Foi observado também que altas doses de gesso contribuiu de forma benéfica para uma nova organização estrutural em todas as profundidades estudadas, e mais significativa na profundidade de 0,20-0,34 m.

Do ponto de vista da microbiologia do solo, Cogo et al. (2020) avaliaram diferentes doses de gesso (0,0; 3,5; 7,0; 14,0 e 56,0 t ha<sup>-1</sup>) em cultivo de café arábica (cv. Catuaí) sob Latossolo Vermelho distrófico, localizado no estado de Minas Gerais, e constataram que a aplicação entre 7,0 e 14,0 t ha<sup>-1</sup> não afetou a diversidade de fungos micorrízicos arbusculares, porém, quando aplicadas altas doses de gesso (56,0 t ha<sup>-1</sup>), a diversidade e a densidade desses microrganismos foi afetada negativamente, reduzindo a colonização micorrízica. Nesta mesma área experimental, Silva et al. (2013) constataram o potencial do gesso em promover melhorias físicas no solo e relataram que a dose de 7,0 t ha<sup>-1</sup> promoveu aumento significativo no teor de carbono total do solo enquanto que doses de até 56,0 t ha<sup>-1</sup> alteraram positivamente a agregação, na profundidade de 15 cm do solo.

Destaca-se que há relatos na literatura da utilização de doses de gesso acima do que é recomendado na cafeicultura, o que, no entanto, os poucos resultados disponíveis na literatura indicam que é necessário maior embasamento através de novas pesquisas experimentais. Segundo Ramos et al. (2019), o uso de altas doses de gesso no solo requer monitoramento de longo prazo para melhor avaliar a viabilidade desta prática em termos também de mudanças químicas no perfil do solo, principalmente no aspecto de maior lixiviação de K<sup>+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, que normalmente já são encontrados em menores concentrações no solo.

Conforme os resultados experimentais encontrados nos trabalhos avaliados, a gessagem promoveu, de maneira geral, melhoria das condições químicas do subsolo disponibilizando Ca<sup>2+</sup> e diminuindo a saturação por Al<sup>3+</sup>. Entretanto, considera-se necessário ampliação da experimentação quanto as dosagens de gesso no cultivo do cafeeiro arábica sobretudo comparando os diferentes métodos de recomendação e

cálculos de dosagem. A utilização deste insumo condicionador do solo favorece a adequação do ambiente radicular do cafeeiro arábica, proporcionando seu maior crescimento e melhor aproveitamento de água e nutrientes ao longo do perfil do solo, contribuindo com o acréscimo de produtividade da cultura.

## 5 CONCLUSÕES

Diante dos resultados de pesquisas disponíveis na literatura especializada referente às práticas agronômicas de calagem e gessagem na cultura do cafeeiro arábica no Brasil, conclui-se que:

A calagem é predominantemente calculada pelo método de elevação do índice de saturação por bases (V%) e a aplicação da dosagem recomendada de calcário proporciona os benefícios de correção do pH, neutralização do  $Al^{3+}$  tóxico, disponibilização de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , e elevação da saturação por bases na camada superficial do solo.

A gessagem é recomendada conforme critérios diagnósticos relacionadas aos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Al^{3+}$  no subsolo e a dosagem calculada pelos métodos químico e físico. O uso do gesso agrícola proporciona melhoria na camada subsuperficial do solo, sobretudo disponibilizando  $Ca^{2+}$  e diminuindo a saturação por  $Al^{3+}$ , favorecendo assim o crescimento radicular do cafeeiro em profundidade.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C.E. de. **Calagem e adubação do café**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 130p.:il.
- ALVARES, V., V.H.; NOVAIS, R.F. de; BARROS, N.F. de; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. **Interpretação dos resultados das análises de solos**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999p.:il. cap. 5, p.25-32. 1999a.
- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. **Calagem**. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999p.:il. cap. 8, p.43-60. 1999b.
- ALVAREZ V., V.H.; 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 – 5ª Aproximação. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999p.:il. cap 10, p.67-78. 1999c.
- BLISKA, F.M. DE M.; MOURÃO, E.A.B.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; VEGRO, C.L.R.; PEREIRA, S.P.; GIOMO, G.S. Dinâmica fitotécnica e socioeconômica da cafeicultura brasileira. **Informações Econômicas**, v.39, n.1, p.5-18, 2009a.
- BLISKA, F.M. DE M.; VEGRO, C.L.R.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; MOURÃO, E.A.B.; CARDOSO, C.H.S. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. **Informações Econômicas**, v.39, n.9, p.5-20, 2009b.
- BOTELHO, C.E.; REZENDE, J.C. de; CARVALHO, G.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVARENGA, A. de P.; RIBEIRO, M. de F. Preparo do solo e plantio: instalação do cafezal. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da. (Eds). **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG SM, 2010. 1v. 896p.: il. cap. 5, p. 283-341.
- BRACCINI, M.C.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PEREIRA, P.R.G.; SAMPAIO, N.F.; SILVA, E.A.M. Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. I. Crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 435-442, 1998.
- CAIRES, E.F.; KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; PADILHA, J.M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem a aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 28:125-136, 2004.
- CAIRES, E.F.; MASCHIETTO, E.H.G.; GARBUIO, F.J.; CHURKA, S.; JORIS, H.A.W. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.68, n.2, p.209-216, 2011.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.; CURI, N.; HECK, R.J.; ROSSONI, D.F.; CARVALHO, T.S. de; COSTA, A.L. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. **Soil & Tillage Research**, n.145, p. 171-180, 2015.

CARDUCCI, C.E.; OLIVEIRA, G.C.D.; LIMA, J.M.; ROSSONI, D.F.; COSTA, A.L.D.; OLIVEIRA, L.M. Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 270-278, 2014.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Redução da acidez subsuperficial em coluna de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 5, p. 469-476, 1988.

CHAVES, J.C.D.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Especificação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 26, n.3, p. 447-453, 1991.

CIETTO, S.; HAAG, H.P. Nutrição mineral do cafeeiro III. Recrutamento de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Anais ESALQ**, Piracicaba, v. 46, p. 403-431, 1989.

CIETTO, S.; HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Acumulação de matéria seca, absorção de N, P, e K pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Anais ESALQ**, Piracicaba, v. 48, p. 245-268, 1991a.

CIETTO, S.; HAAG, H.P.; DECHEN, A.R. Absorção de Ca, Mg e S pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação vegetando em um latossolo vermelho amarelo, fase cerrado. **Anais ESALQ**, Piracicaba, v. 48, p. 223-244, 1991b.

COGO, F.D.; SAGGIN JÚNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P.T.G.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. High rates of agricultural gypsum affect the arbuscular mycorrhiza fungal community and coffee yield. **Bragantia**, Campinas, v. 79, n. 4, p.487-497, 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café**. v.5, safra 2020, n.6, quarto levantamento, Brasília, p.1-45, dezembro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 20 jun. 2021.

CORRÊA, J.B.; REIS, T.H.P.; POZZA, A.A.A.; GUIMARÃES, P.T.G.; CARVALHO, J.G. de. Índice de saturação por bases na nutrição e na produtividade de cafeeiros Catuaí Vermelho (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 159-167, 2007.

- CORRÊA, J.B.; REIS JÚNIOR, R.A.; CARVALHO, J.G. DE; GUIMARÃES, P.T.G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional de cafeeiros do sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1279-1286, 2001.
- COSTA, B.P.; DUARTE JÚNIOR, J.B.; REGO, C.A.R. de; COSTA, A.C.T. da; LANA, M. do C. Uso do calcário e do gesso agrícola em duas épocas de implantação do *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 10, n. 1, p. 241-247, 2020.
- DAMATTA, F.M.; RENA, A.B.; CARVALHO, C.H.S. DE. Aspectos fisiológicos do crescimento e da produção do cafeeiro. In: CARVALHO, C.H.S. de. **Cultivares de Café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008, 334p.:il. cap.3, p.59-68.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: DF, 2013. 353p.: il.
- FARNEZI, M.M. de M.; SILVA, E. de B.; GUIMARÃES, P.T.G. Diagnose nutricional de cafeeiros da região do Alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.969-978, 2009.
- FAVARIN, J.L.; TEZOTTO, T.; NETO, A.P. PEDROSA, A.W. **Cafeeiro**. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Eds.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas**. V.3. Piracicaba: IPNI – Brasil, 2010. 467p.:il. Cap. 10, p.413-457.
- GUARÇONI, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffee Science**, v.12, n.3, p. 327 - 336, 2017.
- GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna**, Brasília, n. 73, p. 52-61, 2007.
- GUIMARÃES, P.T.G.; REIS, T.H.P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da. **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG SM, 2010. 1 v. 896p.: il. cap. 6, p. 343-414.
- ICO - International Coffee Organization. **Total production by all exporting countries**. Disponível em: <<http://www.ico.org/historical/1990%20onwards/PDF/1a-total-production.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2021.
- LIVRAMENTO, D.E. do. Morfologia e fisiologia do cafeeiro. In: Reis, P.R.; Cunha, R.L. da.(Eds). **Café Arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG SM, 2010. 1v. 896p.: il. cap. 2, p. 87-162.
- MALAVOLTA, E.; FERNANDEZ, D.R.; CASALE, H.; ROMERO, J.P. **Seja doutor do seu cafezal**. Informações Agrônômicas, n.64, p.1-13, 1993.
- MARTINEZ, H.E.P.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação. In: SAKIYAMA, N.S.; MARTINEZ, H.E.P.; MARTINEZ, H.E.P.; TOMAZ,

M.A.; BORÉM, A. **Café arábica**: do plantio à colheita. Viçosa: Editora UFV, 2015. 316p.:il. p.64-103.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.R; GARCIA, A.W.R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. 1. ed. São Paulo: Futurama Editora, 2016. 585p.: il.

MENDONÇA, S.M.D.; MARTINEZ, H.E.P.; NEVES, J.C.D.L.; GUIMARÃES, P.T.G.; PEDROSA, A.W. Coffee tree (*Coffea arabica* L.) response to limestone in soil with high aluminum saturation. **Coffee Science**, v. 2, n. 2, p. 112-122, 2007.

MOREIRA, M.A.; VIANA, A.E.S.; OLIVEIRA, C.A.C.; CARVALHO, G.S.; MELO FILHO, J.F.; SOUZA, S.E. Efeitos de calcário e gesso nas características químicas do solo e na produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Resumos expandidos...**Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2001. 181p.:il. p.2478-2486.

MOTTA, A.C.V.; NICK, J.A.; YORINORI, G.T.; MONTE SERRAT, B. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.4, p.455-463, 2006.

NAVA, G.; ERNANI, P.R.; SÁ, A.A. de; PEREIRA, A.J. Soil Composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, n.1, p.215- 222, 2012.

NEPAR. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. Editores: Pauletti, V.; Motta, A.C.V. 2 Ed. Curitiba: NEPAR-SBCS, 2019. 289p.

OLIVEIRA, C.A.C.; MELO FILHO, J.F. de; SOUZA, L.H.; CARVALHO, G.S.; CARNICELLI, J.H. de A. Efeito do calcário e gesso na acidez e lixiviação de cátions do solo sob cafeeiros na Bahia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...**Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2000. 2v. 1490p.:il. p.1420-1423.

OLIVEIRA, F.M. da C.; BORGES, L.E.P.; MELO, E.B. de; BARROS, M.L.S.C. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe. **Holos**, Natal, v. 5, n. 28, p. 71-82, 2012.

OLIVEIRA, J.B. de; JACOMINE, P.K.T.; CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil**: guia auxiliar para seu reconhecimento. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PARECIDO, R.J.; SORATTO, R.P.; PERDONÁ, M. J.; GITARI, H.I.; DOGNANI, V.; SANTOS, A.R.; SILVEIRA, L. Liming method and rate effects on soil acidity and arabica coffee nutrition, growth, and yield. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, p. 1-13, 2021.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. de; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A.C.V. Long-term effects of the application of gypsum and lime in a no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.2, p.495-505, 2014.

PREZOTTI, L.C.; GUARÇONI, A. **Guia de interpretação de análise de solo e foliar**. Vitória-ES: Incaper, 2013. 104 p.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.G.; OLIVEIRA, J.A. de. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo. – 5ª aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007, 305p.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2000. 111p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p. 97-101 (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. van. **Gesso na Agricultura**. Campinas - SP: Instituto Agrônômico, 2008. 233p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, 2011, 420p.

RAMOS, L.A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. de. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:849-857, 2006.

RAMOS, B.Z.; TOLEDO, J.P.V.F.; LIMA, J.M. de; SERAFIM, M.E.; BASTOS, A.R.R.; GUIMARÃES, P.T.G.; COSCIONE, A.R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.4, p.1018-1026, 2013.

RAMOS, B.Z.; LIMA, J.M. de; SERAFIM, M.E.; COSCIONE, A.R.; FERRAZ, R.M.; AMORIM, L.M.; LOPES, G. Ionic speciation in a dystrophic red latosol under coffee crop and high doses of gypsum. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 281 - 290, 2019.

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

RENA, A.B.; NACIF, A.P.; GUIMARÃES, P.T.G.; BARTHOLO, G.F. Plantios adensados de café: aspectos morfológicos, ecofisiológicos, fenológicos e agrônômicos. **Informe Agropecuário**, v.19, n. 193, p.61-70, 1998.

SANTOS, A.O. dos; AMORIM, C.H.F.; FERREIRA, G.F.P.; PONTE, C.M.A. Diagnose para o uso de calcário e gesso agrícola em lavouras cafeeiras no município de Poções, Bahia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8., 2013, Salvador, BA. **Resumos expandidos...**Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2013. 6p.

SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M.; PESSONI, P.T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, v.71, n.1, p. 75-81, 2012.

SILVA, C.A.; MELO, L.C.A.; RANGEL, O.J.P.; GUIMARÃES, P.T.G. Produtividade do cafeeiro e atributos de fertilidade de Latossolo sob influência de adensamento da lavoura e manejo da calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1066-1076, 2004.

SILVA, E.A.; OLIVEIRA, G.C. de.; CARDUCCI, C.E.; SILVA, B.M.; OLIVERA, L. M. de.; COSTA, J.C. Increasing doses of agricultural gypsum, aggregate stability and organic carbon in Cerrado Latosol under Coffee crop. **Revista Ciência Agrárias**, v. 56, n. 1, p. 25-32, 2013.

SOBRAL, L.F.; CINTRA, F.L.D.; SMYTH, J.T. Lime and gypsum to improve root depth of orange crop in an Ultisol of the Coastal Tablelands. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.836-839, 2009.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.2, p.675-688, 2008.

SOUSA, D.M.G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p. il.

SOUZA, L.H.; CARNICELLI, J.H. de A.; SOUZA JÚNIOR, J.O. de; MELO FILHO, J.F.; CARVALHO, G.S.; OLIVEIRA, C.A.C. Efeito dos níveis de saturação por bases nos componentes de acidez de quatro latossolos sob cafeeiros na Bahia. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos expandidos...**Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2000. 2v. 1490p.:il. p.1412-1416.

VILELA, L.C.; SANTOS, A.C. dos; BARRETO, P.M.; BRITO, S. dos S.; SILVA, J.E.C. da; OLIVEIRA, L.B.T. de. Propriedades químicas de Latossolo Vermelho em Função da aplicação de gessagem e calagem. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.8, n.1, p.19-27, 2010.

VITTI, C.G.; LUZ, L.H.C.; MALAVOLTA, E.; DIAS, A.S.; SERRANO, C.G.E. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. 104p.