

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta tese/dissertação será disponibilizado somente a partir de 04/09/2023

At the author's request, the full text of this thesis/dissertation will not be available online until September 04, 2023

JAQUELINE APARECIDA MARCON

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR
DO CAFEEIRO ARÁBICA SOB CALAGEM E GESSAGEM**

Botucatu

2022

JAQUELINE APARECIDA MARCON

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR
DO CAFEEIRO ARÁBICA SOB CALAGEM E GESSAGEM**

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrônômicas da Unesp,
Campus de Botucatu, para obtenção do
título de Mestra em Agronomia
(Agricultura).**

**Orientador: Rogério Peres Soratto
Coorientador: Renan José Parecido**

Botucatu

2022

M321a	Marcon, Jaqueline Aparecida Atributos químicos do solo e distribuição do sistema radicular do cafeeiro arábica sob calagem e gessagem / Jaqueline Aparecida Marcon. -- Botucatu, 2022 90 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu Orientador: Rogério Peres Soratto Coorientador: Renan José Parecido 1. Cafeeiro. 2. Acidez do solo. 3. Calagem. 4. Gessagem. 5. Raízes. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DO CAFEIEIRO ARÁBICA SOB CALAGEM E GESSAGEM

AUTORA: JAQUELINE APARECIDA MARCON

ORIENTADOR: ROGÉRIO PERES SORATTO

COORDENADOR: RENAN JOSÉ PARECIDO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ROGÉRIO PERES SORATTO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / FCAUnesp Botucatu

Prof. Dr. JULIANO CARLOS CALONEGO (Participação Virtual)
Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu - UNESP

Prof. Dr. MARCOS JOSÉ PERDONA (Participação Virtual)
. / APTA - Pólo Regional Centro Oeste

Botucatu, 04 de março de 2022

*Aos meus amados pais Oneida Oliveira Marcon e Laerte Roque Marcon,
a meu querido irmão Mateus de Oliveira Marcon e
minha cunhada Edna Pereira Marcon,
por sempre me apoiarem nessa jornada,*

dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida, por me concederem a benção da vida e toda a proteção, iluminando os meus passos e sempre me amparando nas dificuldades encontradas até aqui.

Aos meus pais, Laerte e Oneida, por todo apoio, cuidado e companheirismo para que essa fase fosse concluída. Sou grata por terem me ensinado que a humildade, educação e amor por aquilo que fazemos, nos levam longe. Todos os valores passados me fizeram ser quem sou. Meu amor é incondicional.

Aos meus irmãos, Mateus e Cleber, as minhas cunhadas, “Ednas”, aos meus sobrinhos, Nicolas, Jonathan e João, por me proporcionarem um lar cheio de amor e carinho! Vocês são meu porto seguro!

Ao meu orientador Prof. Dr. Rogério Peres Soratto, por compartilhar seus conhecimentos, ensinamentos e paciência, e colaborar fielmente na execução desse trabalho. E ao meu coorientador Renan José Parecido, pelo apoio na execução desse projeto.

Aos meus fiéis e queridos amigos de pós-graduação e de vida, Bárbara Silva, Westefann dos Santos, Júlio César, Amanda Gilabel, Anderson Romão, Gyslane Garreto, Tassiane Sanchez, Marcela Pacola, Laura Ribera e Matheus Milanesi, a vocês faltam palavras para expressar o quão importante vocês são para mim, sou muito grata por ter pessoas tão especiais em minha vida. Agradeço a todos por estarem comigo nos bons e maus momentos dessa etapa, vocês possuem o dom de me fazer bem! Obrigada por toda ajuda para que esse dia chegasse, sem vocês a caminhada seria bem mais difícil.

Aos estagiários, Ana Júlia, Gleison, João, Raul, Gabriela e Daniel, pelo auxílio nas avaliações, dedicação e amizade.

Ao cafeicultor Celso Sidney Parecido, por ter cedido a área para condução do experimento.

Ao pessoal do laboratório Relações Solo-Planta, Yara, Júlia e Vinicius, por todo o ensinamento e colaboração, nas análises realizadas, e pela amizade.

Aos funcionários do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal, Eliane Gonçalves, Valéria Giandoni, Adelina, Talita, Ciro e Márcio que sempre auxiliaram, de uma forma ou de outra, para que o projeto pudesse ser desenvolvido.

Ao Renan José Parecido e seus pais, Sidney e Vanda, por cederem a área para realização desse projeto e auxiliar nos tratos culturais.

À minha antiga orientadora da graduação, hoje amiga, Roseli Goulart, e aos meus amigos feitos durante o curso de Engenharia Agrônômica que sempre me acompanharam, Hellen, Luis Rodolfo, Janaina, Eduarda, Rodrigo, por me presentear com sua amizade e companheirismo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP/FCA, por proporcionar a realização do meu mestrado. E a todo seu corpo docente por contribuírem em minha formação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil – CAPES – Código de financiamento 001.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.”

RUSKI, J. The seven lamps of Architecture. 1. ed. New York: Longmans, 1849.

RESUMO

O desempenho da cultura está diretamente relacionado com seu sistema radicular, pois é através dele que a planta absorve água e nutrientes, essenciais ao seu desenvolvimento. A maior parte da cafeicultura brasileira está instalada em solos ácidos, com altos teores de Al^{3+} e deficientes em Ca^{2+} , fatores que restringem o crescimento radicular das plantas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular do cafeeiro arábica sob aplicação de calcário e gesso, bem como relacioná-la a características químicas do solo e com a produtividade da cultura. O experimento foi instalado em lavoura café (Catuaí Amarelo - IAC 74), no município de Manduri-SP, em delineamento experimental em blocos casualizados, com oito tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram da aplicação de doses de calcário, associado ou não ao gesso, aplicados em faixa sob a projeção da copa ou em área total, sendo: T1 - sem aplicação; T2 - dose recomendada de calcário, aplicada em faixa; T3 - dobro da dose de calcário, aplicada em faixa; T4 - dose recomendada de gesso, aplicada em faixa; T5 - dose recomendada de calcário + gesso, aplicados em faixa; T6 - dobro da dose de calcário + gesso, aplicados em faixa; T7 - dobro da dose de calcário, aplicados em área total; T8 - dobro da dose de calcário + gesso, aplicados em área total. Foram avaliadas as características químicas do solo, a distribuição do sistema radicular das plantas, a resistência mecânica do solo à penetração, os teores de nutrientes nas folhas, a altura e índice de área foliar das plantas e produtividade de grãos. A calagem em faixa promoveu maior redução da acidez e elevação os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no perfil do solo da projeção da copa e também melhor distribuição do sistema radicular do cafeeiro. Por outro lado, a calagem em área total proporcionou melhorias mais significativas nos atributos químicos na entrelinha, principalmente nas camadas mais superficiais do solo. A aplicação do dobro da dose de calcário associado ou não ao gesso e aplicado em faixa, promoveu maior correção da acidez do solo e incremento de Ca^{2+} na projeção da copa das plantas, proporcionando maiores valores de comprimento, área superficial e matéria seca de raízes do cafeeiro, com melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; calcário; gesso; cafeicultura; solos ácidos.

ABSTRACT

The crop performance is directly related to its root system, because it is through it that the plant uptakes water and nutrients, essential for its development. Most of the Brazilian coffee plantations is cultivated in acidic soils, with high levels of Al^{3+} and deficient in Ca^{2+} , factors that restrict the root growth of plants. The objective of the present work was to evaluate the distribution of the root system of Arabica coffee under limestone and phosphogypsum application, as well as to relate it to soil chemical attributes and crop yield. The experiment was carried out in a coffee plantation (Catuaí Amarelo - IAC 74), in the municipality of Manduri-SP, in a randomized block design, with eight treatments and three replications. The treatments consisted of the application of limestone rates, associated or not with phosphogypsum, applied as a surface band under the canopy projection of the plants or uniformly broadcast-applied all over the area, being: T1 - without application; T2 - recommended limestone rate band applied; T3 - double the limestone rate band applied; T4 - recommended phosphogypsum rate band applied; T5 - recommended limestone rate + phosphogypsum band applied; T6 - double the the limestone rate + phosphogypsum broadcast applied; T7 - double the the limestone rate broadcast applied; T8 - double the the limestone rate + phosphogypsum broadcast applied. Soil chemical attributes, plant root system distribution, soil mechanical resistance to penetration, leaf nutrient concentration, plant height, leaf area index, and grain yield were evaluated. Broadcast-applied limestone promoted a greater reduction in acidity and an increase in Ca^{2+} and Mg^{2+} levels in the soil profile of the canopy projection and also better distribution of the coffee root system. On the other hand, limestone uniformly broadcast-applied all over the area provided more significant improvements in the chemical attributes between the rows, mainly in the more superficial layers of the soil. The application of twice the amount of limestone, associated or not with phosphogypsum and band-applied under canopy projection, promoted a greater amelioration of soil acidity and an increase of Ca^{2+} under the projection of the canopy of the plants, providing greater values of length, surface area, and dry matter of roots of the coffee plant, with better distribution of the root system in the soil profile.

Keywords: *Coffea arabica*; limestone; phosphogypsum; coffee growing; acid soils.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquema representativo da aplicação em faixa e área total no cafeeiro ..	36
Figura 2 - pH(CaCl ₂) e H+Al, na projeção da copa e entrelinha da cultura do café, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	45
Figura 3 - Al ³⁺ e saturação por alumínio (m%), na projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	48
Figura 4 - S-SO ₄ ⁻² , P e K ⁺ , na projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	50
Figura 5 - Ca ²⁺ , Mg ²⁺ e V, na projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	53
Figura 6 - Distribuição espacial do comprimento das raízes de cafeeiro arabica, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	60
Figura 7 - Distribuição espacial do diâmetro médio das raízes de cafeeiro arabica, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	63
Figura 8 - Distribuição espacial da área superficial das raízes de cafeeiro arabica, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	66
Figura 9 - Distribuição espacial da matéria seca das raízes de cafeeiro arabica, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura média e precipitação mensais, da instalação do experimento (fevereiro de 2015) até julho de 2021. Manduri-SP	34
Tabela 2 - Características granulométricas do solo da área de instalação do experimento. Manduri-SP	34
Tabela 3 - Características químicas do solo da área, na projeção da copa das plantas de café, antes do início do experimento (outubro de 2014) e antes da reaplicação dos corretivos (outubro de 2020), nos tratamentos controle, dose recomendada de calcário na faixa (CR-F) e dose recomendada de gesso na faixa (G-F). Manduri-SP	35
Tabela 4 - Porosidade total (Pt), microporosidade (micro), macroporosidade (macro), e densidade do solo (Ds), antes da aplicação dos tratamentos. Manduri-SP	36
Tabela 5 - Descrição dos tratamentos constituídos da aplicação de calcário e gesso	38
Tabela 6 - Probabilidade de F para os resultados de pH, H+Al, Al ³⁺ e m% no solo, nas profundidades de 0,00-0,10 a 0,60-0,80 m, sob a projeção da copa e na entrelinha da cultura do café, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso.....	45
Tabela 7 - Probabilidade de F para os resultados de S-SO ₄ ²⁻ , P, K ⁺ , Ca ²⁺ e Mg ²⁺ no solo, nas profundidades de 0,00-0,10 a 0,60-0,80 m, sob a projeção da copa e na entrelinha da cultura do café, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	49
Tabela 8 - Probabilidade de F para os resultados de resistência do solo a penetração, na projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, nas camadas de 0–0,10, 0,10–0,20, 0,20–0,40, 0,40–0,60, 0,60–0,80 m, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso.....	54
Tabela 9 - Resistência do solo a penetração, na projeção da copa e entrelinha do cafeeiro, nas camadas de 0–0,10, 0,10–0,20, 0,20–0,40, 0,40–0,60, 0,60–0,80 m, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso.	55
Tabela 10 - Probabilidade de F para os resultados de comprimento radicular, diâmetro médio, área superficial e matéria seca de raiz em amostras coletadas a 0,5, 1,0 e 1,5 m do tronco do cafeeiro, nas profundidades de 0,00-0,10 a 0,60-	

08 m, e o total em profundidade em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	57
Tabela 11 - Comprimento radicular (cm dm^{-3}) de amostras coletadas a 0,5, 1,0 e 1,5 m do tronco do cafeeiro, nas profundidades de 0,0-0,10 a 0,60-08 m, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	59
Tabela 12 - Diâmetro médio radicular (mm) de amostras coletadas a 0,5, 1,0 e 1,5 m do tronco do cafeeiro, nas profundidades de 0,0-0,10 a 0,60-08 m, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	62
Tabela 13 - Área superficial ($\text{cm}^2 \text{ dm}^{-3}$) de amostras coletadas a 0,5, 1,0 e 1,5 m do tronco do cafeeiro, nas profundidades de 0,0-0,10 a 0,60-08 m, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso.....	65
Tabela 14 - Matéria seca de raiz (mg dm^{-3}) de amostras coletadas a 0,5, 1,0 e 1,5 m do tronco do cafeeiro, nas profundidades de 0,0-0,10 a 0,60-08 m, em função da aplicação de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	67
Tabela 15 - Coeficientes de correlação de Pearson para comprimento de raiz (C), diâmetro médio (DM), área superficial (AS) e matéria seca (MS) com os teores de Ca^{2+} no perfil do solo, em projeção da copa e entrelinha, representados pelas distâncias de 0,50 e 1,50 m, respectivamente.....	70
Tabela 16 - Coeficientes de correlação de Pearson para comprimento de raiz (C), diâmetro médio (DM), área superficial (AS) e matéria seca (MS), com projeção da copa e entrelinha, representados pelas distâncias de 0,50 e 1,50 m respectivamente, com o teores de Al^{3+} no perfil do solo nas mesmas distâncias	71
Tabela 17 - Teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) na folha diagnose do café arábica, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	73
Tabela 18 - Teores de micronutrientes (Cu, Zn, Mn, Fe, B) na folha diagnose do café arábica, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	74
Tabela 19 - Altura e índice de área foliar (IAF) das plantas em que foram avaliadas o sistema radicular, em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	75

Tabela 20 - Produtividade de grãos beneficiados do café arábica, no ano de 2020 (antes da reaplicação dos tratamentos) e 2021 (após reaplicação), em função de doses e formas de aplicação de calcário e gesso	76
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	A cultura do café e o sistema radicular do cafeeiro.....	25
2.2	Acidez do solo e calagem no cafeeiro.....	27
2.3	A prática da gessagem no cafeeiro.....	29
2.4	Associação da calagem e gessagem no cafeeiro.....	31
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Localização, caracterização da área e tratamentos.....	33
3.2	Cultivar utilizada.....	38
3.3	Condução dos experimentos.....	39
3.4	Variáveis analisadas.....	40
3.4.1	<i>Características químicas do solo.....</i>	<i>40</i>
3.4.2	<i>Resistência do solo a penetração (RP).....</i>	<i>41</i>
3.4.3	<i>Distribuição do sistema radicular do cafeeiro.....</i>	<i>41</i>
3.4.4	<i>Teores de nutrientes nas folhas.....</i>	<i>42</i>
3.4.5	<i>Altura de plantas e índice de área foliar (IAF).....</i>	<i>42</i>
3.4.6	<i>Produtividade de grãos.....</i>	<i>43</i>
3.5	Análise estatística.....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1	Características químicas do solo.....	44
4.2	Resistência do solo a penetração (RP).....	54
4.3	Distribuição do sistema radicular do cafeeiro.....	56
4.4	Teores de nutrientes nas folhas.....	72
4.5	Altura de plantas e Índice de Área foliar (IAF).....	74
4.6	Produtividade de grãos.....	75
5	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das *commodities* de maior relevância no cenário mundial (ICO, 2021), sendo o Brasil o maior produtor do grão (FAOSTAT, 2021). A produção nacional do país é de cerca de 47,7 milhões de sacas, produzidos em 2,2 milhões de hectares, sendo 66% da produção da espécie café arábica (*Coffea arabica* L.) (CONAB, 2021). No entanto, a cafeicultura brasileira ainda enfrenta grandes desafios relacionados a fatores como o dinamismo de mercado, condições adversas do clima, e limitações ligadas aos solos, onde grande parte da cafeicultura se encontra em solos ácidos, de baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e altos teores de Al trocável (Al^{3+}) (CORRÊA et al., 2007; EFFGEN et al., 2008; MARTINS et al., 2009). O crescimento do sistema radicular é afetado pela toxidez do Al^{3+} e pelos baixos teores de Ca^{2+} nas camadas mais profundas do solo, ficando limitado às camadas superficiais, afetando a absorção de água e nutrientes (BORTOLUZZI et al., 2014).

O desenvolvimento e produtividade das plantas estão diretamente relacionados com a interação entre as características químicas do solo e o sistema radicular (CARDUCCI et al., 2014), assim, é fundamental conhecer o sistema radicular da planta estudada para a realização do correto manejo da lavoura. Com isso, é possível obter-se maior eficiência nas práticas como adubações, aplicação de pesticidas de solo, determinação de densidade de plantio, uso de irrigação e culturas intercalares (ROGERS; BENFEY, 2015).

Para a neutralização do Al^{3+} e fornecimento de Ca^{2+} é usualmente efetuada a prática da calagem, que ainda pode aumentar a CTC do solo, potencializa os efeitos da adubação por meio da elevação do pH e acelerar a decomposição da matéria orgânica através do aumento da atividade microbiana do solo, liberando nutrientes para a solução do solo (OLEGO et al., 2016). No entanto, a ação do calcário fica mais restrita às camadas superficiais do solo, em razão da sua baixa solubilidade (GONÇALVES et al., 2011), limitando o aprofundamento do sistema radicular do cafeeiro, o tornando sensível a veranicos e alterações expressivas de pH, configurando um risco à produção (SILVA et al., 2004).

O uso do gesso agrícola se torna uma prática complementar por também diminuir os teores de Al^{3+} tóxico e fornecer Ca e S (MOREIRA et al., 2001). Sua aplicação ainda melhora as condições do solo em profundidade por conseguir arrastar

o Ca e outros cátions para o subsolo por meio da formação de par iônico com o íon sulfato (RAMOS et al., 2013), melhorando o ambiente de crescimento do sistema radicular, consequentemente a absorção de água e nutrientes, refletindo na tolerância à veranicos e produtividade das plantas.

Nesse contexto a correção do solo é uma prática que traz inúmeros benefícios resultando em maior produtividade da cultura, no entanto as doses a serem utilizadas devem ser recomendadas de maneira criteriosa pois a falta e/ou o excesso podem alterar a dinâmica adequada dos nutrientes, acarretando quedas indesejáveis na produção (GUARÇONI, 2017). Atualmente, as principais recomendações para o cultivo do cafeeiro arábica são baseadas na elevação da saturação por bases a um determinado valor (RAIJ et al., 1997; GUIMARÃES et al., 1999). A aplicação em lavoura já instalada é realizada em cobertura sob a superfície do terreno, em faixa na projeção da copa das plantas ou em área total, de acordo com o espaçamento da lavoura. Por exempli, Guimarães et al. (1999) calculam a quantidade de calcário (QC) em função da superfície de aplicação (área total ou faixa), da profundidade de incorporação ($\cong 7$ cm) e do PRNT do calcário, ocasionando redução da dose inicialmente calculada por hectare.

São relativamente bem conhecidos os efeitos da calagem e gessagem na nutrição e produtividade do café arábica; contudo, pouco se sabe sobre a distribuição do sistema radicular da cultura em função de doses e métodos de aplicação desses produtos. Além da variação entre as recomendações nos boletins existentes, trazerem questionamentos sobre a eficiência das doses recomendadas em função da localidade da aplicação.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a distribuição do sistema radicular do cafeeiro em função de diferentes doses e formas de aplicação de calcário, em combinação ou não com o gesso, bem como relacioná-la a características químicas do solo e com a nutrição e a produtividade da cultura.

5 CONCLUSÕES

A aplicação isolada do dobro da dose de calcário foi mais eficiente na correção da acidez do solo e fornecimento de Ca^{2+} , tanto na projeção da copa como na entrelinha, e melhorou a distribuição radicular do cafeeiro em profundidade.

A aplicação de gesso, especialmente em associação ao dobro da dose de calcário e aplicados em faixa, proporcionou melhorias nos atributos químicos do solo em profundidade, refletindo na distribuição do sistema radicular do cafeeiro também em profundidade.

A melhoria na distribuição radicular não refletiu de forma direta em melhor nutrição ou maior produtividade do cafeeiro, no primeiro ano após a reaplicação.

A aplicação do dobro da dose de calcário, associado ao gesso e aplicado em faixa, promoveu maior correção da acidez do solo e incremento de Ca^{2+} na projeção da copa das plantas, proporcionando maiores valores de comprimento, área superficial e matéria seca de raízes do cafeeiro, com melhor distribuição do sistema radicular no perfil do solo.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. **Café**. Boletim Técnico IAC, Campinas, n. 200, p. 90-104, 2014.
- AMARAL, J. A. T.; LOPES, J. C.; AMARAL, J. F. T.; SARAIVA, S. H.; JESUS J. W. C. Crescimento vegetativo e produtividade de cafeeiros Conilon propagados por estacas em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1624-1629, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000600004>.
- AMARAL, J. F. T. **Eficiência de produção de raízes, absorção, translocação e utilização de nutrientes em cultivares de café arábica**. 2002. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/461/175002f.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 jul. 2020.
- ANDRADE, O. C. S. **O manual da Cafeicultura: do plantio à pós colheita**. Lavras: Portal do Cafeicultor, 2020. 236 p.
- BARRETO, C. V. G.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; SILVA, E. A.; PIRES, R. C. M. Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 641-647, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400015>.
- BARROS, M. F. C.; FONTES, M. P. F.; ALVAREZ V., V. H.; RUIZ, H. A. Aplicação de gesso e calcário na recuperação de solos salino-sódicos do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 3, p. 320-326, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000300005>.
- BLUM, S. C.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 279-300, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000024>.
- BORTOLUZZI, E. C.; PARIZE, G. L.; KORCHAGIN, J.; SILVA, V. R.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Soybean root growth and crop yield in response to liming at the beginning of a no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 262-271, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000100026>.
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; GARCIA, A.; MORETTI, L. G.; PORTUGAL, J. R.; RODRIGUES, V. A.; AMADO, M. C. C.; REIS, A. R. Long-Term Lime and Phosphogypsum Amended-Soils Alleviates the Field Drought Effects on Carbon and Antioxidative Metabolism of Maize by Improving Soil Fertility and Root Growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, p. 1-20, 2021. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.650296>.
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MERLOTI, L. F.; MORETTI, L. G.; COSTA, N. R.; TSAI, S. M.; KURAMAE, E. E. Long-term lime and gypsum amendment increase nitrogen fixation and decrease nitrification and denitrification

gene abundances in the rhizosphere and soil in a tropical no-till intercropping system. **Geoderma**, v. 375, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114476>.

BOSSOLANI, J. W.; SANTOS, F. L.; MENEGHETTE, H. H. A.; SANCHES, I. R.; MORETTI L. G.; PARRA, L. F.; LAZARINI, E. Soybean in crop rotation with maize and palisade grass intercropping enhances the long-term effects of surface liming in no-till system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 21, p. 119-213, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00347-2>.

BRAINER, M. S. C. P. Panorama setorial do café. **Caderno Setorial ETENE**, Fortaleza, v. 3, n. 48, p. 1-15, 2018.

CAFÉ. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, Brasília, DF, v. 6, N.1, p. 08-58, jan. 2021. Safra 2021, Terceiro Levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 02 jan. 2021.

CAIRES, E. F. Gargalos tecnológicos para produção agrícola. In: FertBio, 2016, Goiânia-Go. **Palestras** [...] 2016. p. 1-28.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 27-34, 1998. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000100004>.

CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 27-34, 1998. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000100004>.

CAIRES, E. F.; FONSECA, A. F.; FELDHAUS, L. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da soja cultivada no sistema plantio direto em resposta ao calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 4, p. 1029-1040, 2001. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832001000400025>.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; CHURKA, S.; JORIS, H. A. W. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0192>.

CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. A novel phosphogypsum application recommendation method under continuous no-till management in Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 5, p. 1987-1995, 2018. Doi: <https://doi.org/10.2134/agronj2017.11.0642>.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, C.; LIMA, J. M.; ROSSONI, D. F.; COSTA, A. L.; 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, mar. 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/s1415-43662014000300005>.

CARDUCCI, C. E.; OLIVEIRA, G. C.; CURI, N.; HECK, R. J.; ROSSONO, D. F.; CARVALHO, T. S.; COSTA, A. L. Gypsum effects on the spatial distribution of coffee roots and the pores system in oxidic Brazilian Latosol. **Soil and Tillage Research**, v. 145, p. 171-180, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.09.015>.

CARVALHO, A.; MONACO, L. C. Transferência do fator caturra para o cultivar Mundo Novo de *Coffea arabica*. **Bragantia**, v. 31, p. 379-399, 1972. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051972000100031>.

CARVALHO, C. C. C. **Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e características agronômicas da cultura do café**. 2012. Dissertação (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2012.

CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**. Brasília: EMBRAPA, 2007. 247p.

CARVALHO, L. G.; SEDIYAMA, G. C.; CECON, P. R.; ALVES, H. M. R. Modelo de regressão para a previsão de produtividade de cafeeiros no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, n. 2/3, p. 204-211, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662004000200007>.

CARVALHO, M. C. S.; RAIJ, B. V. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, v. 192, p. 37-48, 1997. Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1004285113189>.

CEPAGRI - Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Unicamp. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Listagens/Resenha/LResenhaLocal.asp>. Acesso em: 20 mar. de 2021.

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.

CHURKA BLUM, S.; FÁVERO, C. E.; ALLEONI, L. Lime and phosphogypsum application and sulfate retention in subtropical soils under no-till system. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 13, n. 2, p. 279-300, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000024>.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, DF, v. 8, safra 2020/21, n. 2, maio. 2021.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de café**, v. 6 - Safra 2019, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, p. 1- 62, janeiro 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 17 abr. 2020.

CORRÊA, J. B.; REIS, T. H. P.; POZZA, A. A. A.; GUIMARÃES, P. T. G.;

CARVALHO, J. G. Índice de saturação por bases na nutrição e na produtividade de cafeeiros 'Catuaí Vermelho' (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, v. 2, n. 2, p. 159-167, 2007.

CORREIA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, D. M.; PERES, M. G. M. Aplicação superficial de diferentes fontes de corretivos no crescimento radicular e produtividade da aveia preta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1583-1590, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000400022>.

COSTA, B. P.; JÚNIOR, J. B. D.; MORAES REGO, C. A. R.; COSTA, A. C. T.; CARMO LANA, M. Uso do calcário e do gesso agrícola em duas épocas de implantação do *Coffea arabica* L. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p.241-247, 2020. Doi: <https://doi.org/10.21206/rbas.v10i1.9940>.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean–oat–sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 119-132, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.12.001>.

COVRE, A. M.; PARTELLI, F. L.; GONTIJO, I.; ZUCOLOTO, M. Distribuição do sistema radicular de cafeeiro conilon irrigado e não irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 1006-1016, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100003>.

CRISTANCHO, R. J. A.; HANAFI, M. M.; SYED OMAR, S. R.; RAFII, M. Y. Aluminum speciation of amended acid tropical soil and its effects on plant root growth. **Journal of Plant Nutrition**, v. 37, n. 6, p. 811-827, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881856>.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARTIGIANI, A. C. C. A.; ARF, O.; CARMEIS FILHO, A. C. A.; SORATTO, R. P.; NASCENTE, A. S.; ALVAREZ, R. C. F. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, v. 137, p. 87-99, 2016. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.009>.

DEMATTE, J. L. I. Solos arenosos de baixa fertilidade: estratégia de manejo. In: Semana Agroindustrial, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 1986.

DIAS, L. E.; ALVAREZ, V. H.; COSTA, L. M.; NOVAIS, R. F. Dinâmica de algumas formas de enxofre em colunas de solos tratados com diferentes doses de fósforo e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 373-380, 1994.

EFFGEN, T. A. M.; PASSOS, R. R.; LIMA, J. S. S.; BORGES, E. N.; DARDENGO, M. C. J. D.; REIS, E. F. Atributos químicos do solo e produtividade de lavouras de cafeeiro Conilon submetidas a diferentes tratos culturais no sul do estado do Espírito Santo. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p.7-18, 2008.

EMBRAPA. **Relatório de avaliações dos impactos das tecnologias geradas pela Embrapa: uso do gesso agrícola na cultura de soja em solos do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2016. Disponível em:

https://bs.sede.embrapa.br/2015/relatorios/cerrados_2015_gesso-soja.pdf. Acesso em: 18 abr. 2020.

FAGERIA, N. K.; NASCENTE, A. S. Management of soil acidity of South American soils for sustainable crop production. **Advances in agronomy**, v. 128, p. 221-275, 2014.

FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Crops 2018**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 05 de mar. 2020.

FARINA, M. P. W.; CHANNON, P.; THIBAUD, G. R. A. Comparison of Strategies for Ameliorating Subsoil Acidity I. Long-Term Growth Effects. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 2, p. 646-651, 2000. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.642646x>.

FAVARIN, J. L.; DOURADO NETO, D.; GARCÍA, A. G.; VILLA NOVA, N. A.; FAVARIN, M. G. G. V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 769-773, 2002. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>.

FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; FORNAZIER, M. J.; PREZOTTI, L. C.; FONSECA, A. F. A.; ALIXANDRE, F. T.; COSTA, H.; ROCHA, A. C.; MORELI, A. P.;

FERREIRA, D. F. Sisvar: Acomputer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, T.; SHULER, J.; GUIMARÃES, R.; FARAH, A. Introduction to Coffee Plant and Genetics, in Coffee: Production, Quality and Chemistry. **The Royal Society of Chemistry**, p. 1-25, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1039/9781782622437-00001>.

GOLDEN SOFTWARE, INC. **Surfer for windows**: realese 8.0, contouring and 3D surface mapping fors cientist's engineer's user's guide. New York: 2002. 714p.

GONÇALVES, J. R. P.; MOREIRA, A.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, C. A. C.; BOAS, R. L. V. Granulometria e doses de calcário em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, p. 369-375, 2011. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i2.3659>.

GUARÇONI, A. Saturação por bases para o cafeeiro baseada no pH do solo e no suprimento de Ca e Mg. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 327-336, 2017.

GUIMARÃES, P. T. G.; REIS T. H. P. Nutrição e adubação do cafeeiro. In: REIS, P. R.; Cunha R. L. (eds.). **Café arábica**: do plantio à colheita. Lavras: Epamig. p. 343-414, 2010.

ICO - International Coffee Organization. **Monthly Coffee Market Report (2021/22)**. 2021. Disponível em: <https://www.ico.org/Market-Report-21-22-e.asp>. Acesso em: 16 abr. 2020.

INFORZATO, R.; REIS, A. J. Estudo comparativo do sistema radicular dos cafeeiros Bourbon Amarelo e Mundo Novo. **Bragantia**, v. 22, n. 59, p. 741-750, 1963. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051963000100067>.

JESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P.; SOARES, Â. M. Comparação entre sistemas radiculares de mudas de *Coffea arábica* L. obtidas por estaquia e por sementes. **Coffee Science**, v. 1, n. 1, p. 14-20, 2006.

KINRAIDE, T. B. Use of a Gouy-Chapman-Stern Model for Membrane-Surface Electrical Potential to Interpret Some Features of Mineral Rhizotoxicity. **Plant Physiology**, v. 106, n. 4, p. 1583-1592, 1994. Doi: <https://doi.org/10.1104/pp.106.4.1583>.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C.; SILVA, W. M. Eficiência relativa de frações de calcários Sul-Mato-Grossenses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1443-1449, 1999. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000800017>.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Campinas-SP, 3ª Ed., p. 83, 1996.

LOMBARDI NETO, F.; DRUGOWICH, M. I. (coords). **Manual técnico de manejo e conservação de solo e água**. V. III CATI. Campinas: CATI, 1994. P.121-156. Manual Técnico, 40.

MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Coffee. In: ALVIM, P. T.; KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Ecophysiology of tropical crops**. New York: Academic, 1977. p. 249- 278.

MALAVOLTA, E.; FERNANDEZ, D. R.; CASALE, H.; ROMERO, J. P. Seja doutor do seu cafezal. **Informativo Agrônômico**, v. 64, p. 1-13, 1993.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319p.

MARTINS, D. M.; NOGUEIRA, N. O.; TOMAZ, M. A.; ANDRADE, F. V.; BRINATE, S. V. B.; REIS, E. F. Desenvolvimento inicial do café arábica em função de diferentes corretivos de acidez em um solo argiloso. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: Consórcio Pesquisa Café, 2009. p. 1-5.

Disponível em:

http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio6/252.pdf.

Acesso em: 14 abr. 2020.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. **Cultura de Café no Brasil: Manual de recomendações**. São Paulo: Futurama/MAPA/PROCAFÉ, 2016. 585p.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações**.

São Paulo: Fundação Procafé, 2005.

MATIELLO, E. M.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E.; MAURI, J.; MATIELLO, J. D.; MEIRELES, P. G.; SILVA, I. R. Produção de matéria seca, crescimento radicular e absorção de cálcio, fósforo e alumínio por *Coffea canephora* e *Coffea arabica* sob influência da atividade do alumínio em solução. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 425-434, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100040>.

MESQUITA, C. M.; MELO, E. M.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M.; ARAÚJO, W. G. Manual do café: Implantação de cafezais. **Emater-Mg**, p. 52, 2016. Disponível em: http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/publicacoes_tecnicas/livro_implantacao_cafezais.pdf. Acesso em: 27 mar. 2020.

MIGUEL, P. S. B.; GOMES, F. T.; ROCHA, W. S. D.; MARTINS, C. E.; CARVALHO, C. A.; OLIVEIRA, A. V. Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. **CES Revista**, v. 24, n. 1, p. 13-29, 2010.

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, Salvador. **Anais...** Brasília: Consórcio Pesquisa Café, 2001. p. 1-9. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/1120/155585_Art348f.pdf?sequence=1. Acesso em: 15 abr. 2020.

MOTTA, A. C. V.; NICK, J. A.; YORINORI, G. T.; SERRAT, B. M. Distribuição horizontal e vertical da fertilidade do solo e das raízes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cultivar Catuaí. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 28, n. 4, p. 455-463, 2006. Doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.758>.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; PARENT, S. É. Acidez do solo e calagem em pomares de frutíferas tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal**, v. 34, n. 4, p. 1294-1306, 2012. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-2945012000400041>.

NATALE, W.; ROZANE, D. E.; PRADO, R. M.; ROMUALDO L. M.; SOUZA, H. A.; HERNANDES, A. Viabilidade econômica do uso do calcário na implantação de pomar de goiabeiras. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 708-713, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300025>.

NORA, D. D.; AMADO, T. J. C.; BORTOLOTO, R. P.; FERREIRA, A. O.; KELLER, C.; KUNZ, J. Alterações químicas do solo e produtividade do milho com aplicação de gesso combinado com calcário. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2014.

OLEGO, M. A.; VISCONTI, F.; QUIROGA, M. J.; DE PAZ, J. M.; GARZÓN-JIMENO, E. Assessing the effects of soil liming with dolomitic limestone and sugar foam on soil acidity, leaf nutrient contents, grape yield and must quality in a Mediterranean

vineyard. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v. 14, p. e1102, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016142-8406>.

OLIVEIRA, F. M. C.; BORGES, L. E. P.; MELO, E. B.; BARROS, M. L. S. C. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita o Araripe. **Holos**, v. 5, p. 71-82, 2012. DOI: <https://doi.org/10.15628/holos.2012.1140>.

OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, p. 17-32, 2012.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BOAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, p. 95-103, 2008. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162008000100010>.

PADOVAN, M. P.; CORTEZ, V. J.; NAVARRETE, L. F.; NAVARRETE, E. D.; DEFFNER, A. C.; CENTENO, L. G.; MUNGUÍA, R.; BARRIOS, M.; VÍLCHEZ-MENDOZA, J.S.; VEJA-JARQUÍN, C.; COSTA, A. N.; BROOK, R. M.; RAPIDEL, B. Root distribution and water use in coffee shaded with *Tabebuia rosea* Bertol. and *Simarouba glauca* DC. compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agroforestry Systems**, v. 89, p. 857-868, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9820-z>.

PALMA, M. A. Z.; VOLPATO, C. E. S.; SILVA, F. C.; SOUZA, P.; SILVA, J. A. Resistência do solo à penetração em cafezais cultivados com sistema mecanizado e manual. **Coffee Science**, v. 8, p. 364-370, 2013.

PARECIDO, R. J. **Nutrição e produtividade da cultura do café arábica afetadas pela forma de aplicação de calcário e gesso na cultura já implantada**. 2020. 143 p. Tese (Tese em Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2020.

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. 2613-2625, 2021a. Doi: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00550-9>.

PARECIDO, R. J.; SORATTO, R. P.; PERDONÁ, M. J.; GUIDORIZZI, F. V. C.; GOMES, G. G.; PAULA, R. A.; GITARI, H. I. Limestone increased coffee yield and profitability more than phosphogypsum or their combination. **Agronomy Journal**, v. 113, p. 3586-3599, 2021b. Doi: <https://doi.org/10.1002/agj2.20712>.

PAULETTI, V.; PIERRI, L.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo de aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000200014>.

PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T. Toxidez de alumínio em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1293-1302, p. 1982.

PINTO, M. M. **Avaliação da Implantação de Cobertura Vegetal em uma Pilha de Fosfogesso**. 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PRADO, R. M.; NATALE, W. A calagem na nutrição e no desenvolvimento do sistema radical da caramboleira. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 3, n. 1, p. 3-8, 2004.

PRADO, R. M.; NATALE, W. Calagem na nutrição de cálcio e no desenvolvimento do sistema radicular da goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 10, p. 1007-1012, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004001000008>.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M.; MARTINS, A. G.; LANI, J. A. Calagem e adubação. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. **Café Conilon**. 1 ed. Vitória: INCAPER, 2007. cap. 12, p. 328-343.

PREZOTTI, L. C.; BRAGANÇA, S. M. Acúmulo de massa seca, N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon. **Coffee Science**, v. 8, n. 3, p. 284-294, 2013.

RAIJ, B. V. **Gesso na agricultura**. Informações agronômicas N° 122. p. 26-27, 2008.

RAIJ, B. V. **Otimização da produção**. Informações agronômicas N° 117, p. 14-15, 2007.

RAIJ, B. V.; COSTA, W. M.; IGUE, T.; SERRA, J. R. M.; GUERREIRO, G. Calagem e adubação nitrogenada e potássica para o cafeeiro. **Bragantia**, v. 55, p. 347-355, 1996.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 284p.

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).

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M. D.; 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. 37, p. 1018-1026, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000400019>.

RAMOS, B. Z.; TOLEDO, J. P. V. F.; LIMA, J. M.; 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. 37, n. 4, p. 1018-

1026, 2013. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000400019>.

RAMPIM, L.; LANA, M. C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 35, p. 1687-1698, 2011. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500023>.

REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in natal oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochimphysica**, v. 4, p. 1-6, 1972.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro: estrutura, distribuição, atividade e fatores que influenciam**. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, 2000.

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

RODRIGHERO, M. B.; BARTH, G.; CAIRES, E. F. Aplicação superficial de calcário com diferentes teores de magnésio e granulometrias em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 39, n. 6, p. 1723-1736, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/01000683rbcS20150036>.

RODRIGUES, J. C.; CARMO, D. L.; NANNETTI, D. C.; MARQUES, H.; PEREIRA, R. A. Relação Ca/Mg no solo e produtividade do cafeeiro em função de elevadas doses de gesso agrícola. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Curitiba. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2015. p. 1-5. Disponível em: http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3583/78_IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 jul. 2020.

RODRIGUES, L. A.; MARTINEZ, H. E. P.; NEVEZ, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; MENDONÇA, S. M. Growth response of coffee tree shoots and roots to subsurface liming. **Plant and Soil**, n. 234, p. 207-214, 2001.

ROGERS, E. D.; BENFEY, P. N. Regulation of plant root system architecture: implications for crop advancement. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 32, p. 93-98, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.015>.

SA, M. V. C.; BOYD, C. E. Variability in the solubility of agricultural limestone from different sources and its pertinence for aquaculture. **Aquaculture Research**, v. 48, n. 8, p. 4292-4299, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1111/are.13250>.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. Ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, 356p.

SCHIMIDT FILHO, E.; GASPAROTTO, F.; TANIMOTO, S.; RAMARI, T. O. L.; ZANETTI, M. A. Influência de diferentes doses de gesso agrícola sobre a produtividade da cultura do trigo (*Triticum sativum* L.). **Revista da Universidade**

Vale do Rio Verde, v. 14, n. 2, p. 442-449, 2016. Doi: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v14i2.2700>.

SENE, M.; VEPRASKAS, M. J.; NADERMAN, G. C.; DENTRON, H. P. Relationships of soil texture and structure to corn yield response to subsoiling. **Soil Science Society of America Journal**, v. 49, n. 2, p. 422-427, 1985. Doi: <https://doi.org/10.2136/sssaj1985.03615995004900020030x>.

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**, v. 28, n. 5, p. 1066-1076, 2004. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000500014>.

SILVA, É. A.; SILVA, S. H. G.; OLIVEIRA, G. C.; CARDUCCI, C. E. Root spatial distribution in coffee plants of different ages under conservation management system. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 4970-4978, 2016. Doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11356>.

SINGH, B. Are nitrogen fertilizers deleterious to soil health? **Agronomy**, v. 8, n. 48, 2018. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomia8040048>.

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. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200022>.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; FERNANDES, A. M.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; VITTI, G.C. Reactivity of sedimentary and metamorphic limestones of different particle sizes under controlled conditions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 4, p. 464-473, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1080/00103624.2019.1566920>.

SOUZA, D. M. G. S.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2005.

SOUZA, J. M. **Caracterização do sistema radicular do cafeeiro conilon sob irrigação localizada**. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2017.

STOLF, R.; MURAKAMI, J.H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F.; MARGARIDO, L.A.C. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p.774-782, 2014.

STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR., 1984. 8p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.2).

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **The Journal of Ecology**, v. 63, n. 3, p. 995-1001, 1975.

TRACHSEL, S.; STAMP, P.; HUND, A. Effect of high temperatures, drought and aluminum toxicity on root growth of tropical maize (*Zea mays* L.) seedlings. **Maydica**, v. 55, n. 3/4, p. 249-260, 2010.

VITTI, G. C. Enxofre no solo. In: Simposio sobre interpretação de análise química de solo e planta para fins de adubação, 1., 1988, Botucatu, **Anais...** Botucatu: FCA-UNESP/FEPAF/ANDA/POTAFOS, 1988. 39p.

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

VOLSI, B.; TELLES, T. S.; CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. The dynamics of coffee production in Brazil. **Plos One**, v. 14, n. 7, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219742>.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 128-137, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4530301>.