

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE SOLOS SOB CAFÉ NA REGIÃO SUL DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

**Vitor Barros Lima, Maísa Martins de Oliveira, Carlos Eduardo Costa Paiva, Felipe Vaz Andrade.**

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Agronomia, Alto Universitário, S/N - Guararema, Alegre - ES, 29500-000, [contatovitorbarroslima@gmail.com](mailto:contatovitorbarroslima@gmail.com), [maisamartins20@gmail.com](mailto:maisamartins20@gmail.com), [cecostapaiva@gmail.com](mailto:cecostapaiva@gmail.com), [felipevazandrade@gmail.com](mailto:felipevazandrade@gmail.com)

### Resumo

A fertilidade do solo é base da produtividade agrícola, sendo essencial conhecer seus atributos químicos para adotar estratégias eficientes de manejo, como a adubação, especialmente no cultivo do café. Este estudo avaliou 336 amostras de solos no sul do Espírito Santo, em áreas de café, com o objetivo de realizar o levantamento dos atributos químicos dos solos. Os resultados mostraram que os solos apresentam, em geral, média fertilidade, mas com grande variabilidade nos teores de nutrientes. Verificou-se deficiência de cálcio, magnésio e potássio, além de baixos níveis de matéria orgânica, fatores que limitam a produtividade do cafeeiro. O fósforo apresentou grande variação, indicando adubações frequentes. A elevada acidez e a presença de alumínio em parte das amostras comprometem o desenvolvimento radicular. O cafeeiro exige altos teores de Ca, Mg e K, mas a maioria das amostras do sul do Espírito Santo apresentou deficiência desses nutrientes e baixa matéria orgânica, refletindo a ausência de calagem e o uso inadequado de adubação. Assim, torna-se essencial corrigir o solo com calcário e melhorar o manejo para garantir sustentabilidade e maior rendimento.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*. Fertilidade do solo. Manejo do solo.

**Área do Conhecimento:** Ciências Agrárias. Agronomia.

### Introdução

A fertilidade do solo é a base da produtividade da terra e um fator importante que afeta o rendimento das culturas (Guarçoni *et al.*, 2019), especialmente para o cafeeiro. Dada a sua importância para a produção agrícola, conhecer seus atributos e sua distribuição é determinante para a adoção de estratégias eficientes durante o processo produtivo. Além de manter os solos em boas condições para uso.

A análise de solos é o único método que permite, antes do plantio, conhecer a capacidade de um determinado solo suprir nutrientes para as plantas. É a forma mais simples, econômica e eficiente de diagnose da fertilidade do solo e constitui base imprescindível para a recomendação de quantidades adequadas de corretivos e fertilizantes para aumentar a produtividade das culturas e, como consequência a produção e a lucratividade das lavouras (Cardoso *et al.*, 2009).

Sabe-se que uma adubação adequada pode conferir às plantas maior produtividade, melhor qualidade dos frutos, maior tolerância e resistência às pragas e doenças. Entretanto, para se fazer uma adubação adequada, dentre as diversas práticas utilizadas, faz-se necessária a avaliação da fertilidade do solo, principalmente em regiões onde há baixos níveis de fertilidade dos solos, sendo um fator limitante para a produção. Para realizar um melhor planejamento é necessário a caracterização dos atributos químicos do solo, relatando o diagnóstico atual do solo e definindo se os manejos praticados verificar estão adequados às condições específicas da propriedade (De Lima, 2019).

Portanto, o conhecimento e os valores dos atributos químicos do solo são de grande importância para a prática agrícola e para a sustentabilidade ambiental, entre elas: avaliação da fertilidade do Solo, recomendação de corretivos de acidez do solo e de fertilizantes; planejamento do manejo (a compreensão dos atributos químicos do solo permite o planejamento adequado do manejo agrícola) e o monitoramento ambiental. Em áreas com cultivos permanentes, como o café, essas práticas são ainda mais relevantes, uma vez que culturas perenes exigem alta reposição de nutrientes ao longo dos ciclos de produção (FAGERIA *et al.*, 2011).

Com isso, o seguinte trabalho objetivou realizar o levantamento de atributos químicos dos solos que se encontram a cultura do cafeeiro, localizado na região sul do Estado do Espírito Santo.

## Metodologia

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 336 amostras de solos, da camada de 0 a 20 cm, com a cultura do café estabelecida, das regiões Sul e Caparaó do Espírito Santo, definidas no Plano Estadual de Desenvolvimento Econômico e Agronegócio (PEDEAG), pertencentes à bacia do rio Itapemirim no Estado do Espírito Santo, abrangendo uma área de aproximadamente 20.000 ha (SEAG, 2008).

Após a coleta, as amostras de solo foram secas à sombra e passadas em peneira de 2 mm para obtenção de terra fina seca ao ar (TFSA). As amostras de TFSA foram caracterizadas quimicamente quanto a: pH em água - proporção 1:2,5 (v/v) de solo:solução (EMBRAPA, 1997). Cálcio e magnésio extraídos por solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e os teores determinados por espectrometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). Alumínio extraído por solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e o teor determinado por titulometria (EMBRAPA, 1997). Potássio, sódio e fósforo extraídos por Mehlich-1 e determinados, respectivamente, por fotometria de chama e colorimetria (EMBRAPA, 1997). Acidez potencial extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e determinada por titulometria (EMBRAPA, 1997) e a MOS foi determinada pelo método de Walkley-Black (Da Silva, 2009).

Com base nos resultados analíticos foram confeccionadas tabelas e figuras que representam análises químicas das culturas de café representando os parâmetros de análises. As diretrizes para a interpretação da fertilidade do solo foram aderentes ao Manual de Recomendação de Adubação e Calagem, conforme especificado na 5ª aproximação para o estado do Espírito Santo (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes e limites de interpretação para nível de fertilidade de acordo com o Manual de Recomendação para o Espírito Santo

| Atributo                     |                  | Classificação |           |           |
|------------------------------|------------------|---------------|-----------|-----------|
|                              |                  | Baixo         | Médio     | Alto      |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )     | Textura argilosa | < 5           | 5 - 10    | > 10      |
|                              | Textura média    | < 10          | 10 - 20   | > 20      |
|                              | Textura arenosa  | < 20          | 20 - 30   | > 30      |
| K (mg dm <sup>-3</sup> )     |                  | < 60          | 60 - 150  | > 150     |
| Ca (cmolc dm <sup>-3</sup> ) |                  | < 1,5         | 1,5 - 4,0 | > 4,0     |
| Mg (cmolc dm <sup>-3</sup> ) |                  | < 0,5         | 0,5 - 1,0 | > 1,0     |
| Al (cmolc dm <sup>-3</sup> ) |                  | < 0,3         | 0,3 - 1,0 | > 1,0     |
| M.O. (dag kg <sup>-1</sup> ) |                  | < 1,5         | 1,5 - 3,0 | > 3,0     |
| H+AL                         |                  | < 2,5         | 2,5 - 5,0 | > 5,0     |
| CTC efetiva (t)              |                  | < 2,5         | 2,5 - 6,0 | > 6,0     |
| CTC pH 7,0 (T)               |                  | < 4,5         | 4,5 - 10  | > 10      |
| Saturação em bases (V)       |                  | < 50          | 50 - 70   | > 70      |
|                              |                  | Acidez        |           |           |
|                              |                  | Elevada       | Média     | Fraca     |
| pH em H <sub>2</sub> O       |                  | <5,0          | 5,0 - 5,9 | 6,0 - 6,9 |

Fonte: Prezotti et al., (2007).

## Resultados

De modo geral os solos da região sul do Estado do Espírito Santo, em que são cultivados a cultura do café, apresentaram média fertilidade. Os resultados das amostras de solo foram muito diversos, com grande diferenças entre os limites mínimos e máximos, demonstrando a grande variabilidade dos dados (Tabela 2).

Constatou-se que os níveis dos nutrientes cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K), se enquadraram na classificação de nível médio, apresentando o valor medio de Ca de 2.45 cmolc dm<sup>-3</sup> (Tabela 2). Para Mg verificou-se o valor médio de 0.77 cmolc dm<sup>-3</sup> (Tabela 2). E para o K, observou-se o valor médio de 95.69 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 2).

No caso do fósforo (P) ocorreu uma grande variabilidade do valores, onde as amostras variaram de 0,51 a 265,28, com média de 20,37. As amostras de solo, classificadas como textura argilosa e média, apresentam um nível alto de P no solo, enquanto para amostras com textura arenosa, foram

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

classificadas como nível médio. Para matéria orgânica do solo (MOS), verifica-se que os teores encontram-se no nível interpretado como médio, com o valor de 2.53 dag kg<sup>-1</sup>.

Tabela 2 - Média, máximo, mínimo e desvio padrão da média dos atributos dos solos para cultura do café.

| Atributo                                      | Café  |        |        |               |
|-----------------------------------------------|-------|--------|--------|---------------|
|                                               | Média | Máximo | Mínimo | Desvio Padrão |
| pH                                            | 5.27  | 7.81   | 3.93   | 0.62          |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                      | 20.37 | 265.28 | 0.51   | 35.02         |
| Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 2.45  | 7.25   | 0.12   | 1.47          |
| Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 0.77  | 2.10   | 0.08   | 0.41          |
| K (mg dm <sup>-3</sup> )                      | 95.69 | 399.30 | 5.90   | 62.85         |
| Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 0.46  | 2.90   | 0.00   | 0.62          |
| H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )    | 5.46  | 16.25  | 0.00   | 2.79          |
| SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 3.50  | 9.35   | 0.24   | 1.89          |
| T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )       | 3.96  | 9.35   | 1.18   | 1.61          |
| CTC 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 8.96  | 22.98  | 3.08   | 2.96          |
| V (%)                                         | 40.25 | 100.00 | 3.72   | 19.58         |
| m (%)                                         | 15.84 | 86.47  | 0.00   | 22.14         |
| MO (dag kg <sup>-1</sup> )                    | 2.53  | 6.41   | 0.79   | 1.09          |

Tabela 3 – Frequência de ocorrência em cada nível de interpretação (alto, médio e baixo) de Ca, Mg, K e Al.

| Interpretação | Cálcio | Magnésio | Potássio | Alumínio |
|---------------|--------|----------|----------|----------|
| <b>Baixo</b>  | 26.2   | 25.6     | 34.2     | 55.0     |
| <b>Médio</b>  | 59.5   | 51.5     | 48.5     | 26.2     |
| <b>Alto</b>   | 14.3   | 22.9     | 17.3     | 18.8     |

Nas amostras avaliadas, aproximadamente 80% foram classificadas como solos com teores médios e baixos de K, Ca e Mg, o que representa aproximadamente 269 amostras de solos (Tabela 3). Destaca-se, que a maior representatividade das amostras foram observadas para o nível médio de interpretação dos nutrientes (Ca, Mg e K), com os valores de 59.5%, 51.5% e 48.5%, respectivamente (Tabela 3), seguido pelo nível baixo de Ca, Mg e K, com os valores de 26.2%, 25.6%, e 34.2%, respectivamente (Tabela 3). E com menor representatividade as amostras classificadas como nível alto de Ca, Mg e K, com os valores de 14.3%, 22.9% e 17.3% (Tabela 3).

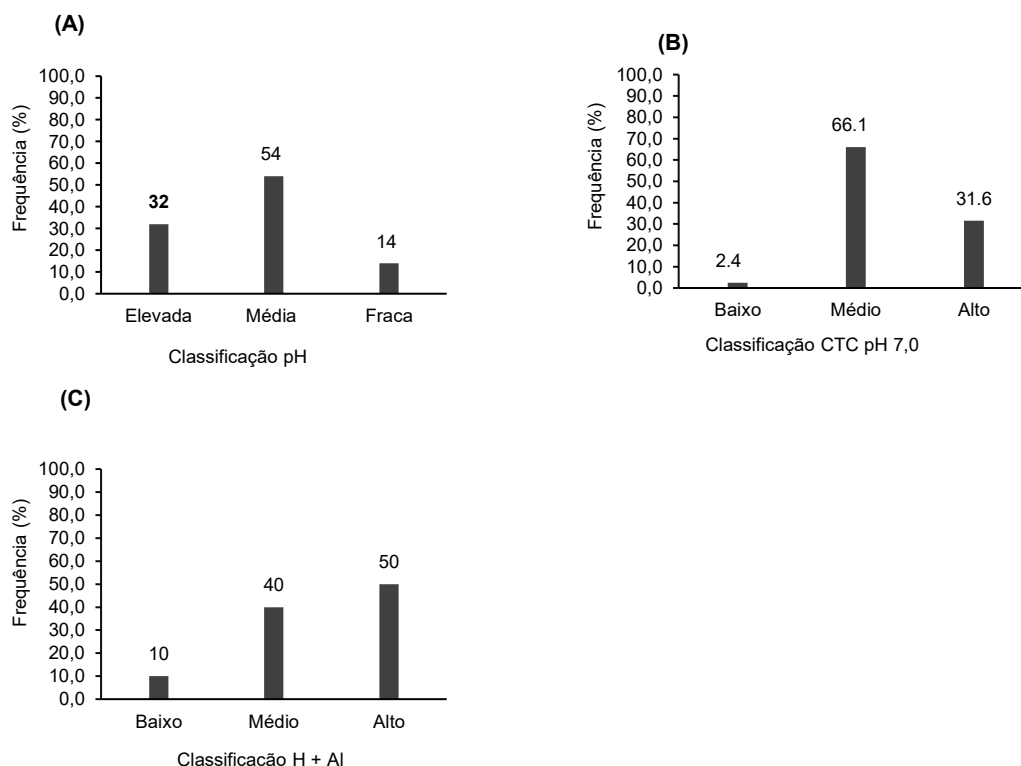
No caso do Al, observa-se que a maioria das amostras foram interpretados como nível baixo, representado por 55% das amostras de café, para o nível médio e alto, nota-se os valores de 26.2% e 18.8%, respectivamente (Tabela 3).

Observou-se na figura 1A que 54% das amostras de café, apresentaram uma acidez ativa classificada como média, seguido da classificação elevada e fraca (32% e 14% das amostras, respectivamente). Destas amostras verificou-se que 86% são classificadas como acidez ativa elevada e média.

Na figura 1B que 66.1% das amostras de café foram classificadas como CTC potencial média, 31.6% como alta e 2.4% como baixo. Cerca de 97.7% das amostras, foram classificados nos níveis médio e altos. Enquanto na figura 1C, 90 % das amostras foram classificadas com acidez potencial média. Das amostras relacionadas, 40% estão no nível médio, 50% no nível alto e 10% no nível baixo.

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 1 - Distribuição de frequência dos níveis de pH em H<sub>2</sub>O (A), CTC pH 7,0 (B) e acidez potencial do solo (H+Al) (C), para a cultura do café.



Fonte: Os autores

### Discussão

O cafeeiro é uma cultura de alta demanda de nutrientes, especialmente, o Ca, Mg e K. Os resultados sugerem que para a região sul do e estado do Espírito Santo, a maioria das amostras de solo necessitam de correção dos teores de nutrientes, sendo apenas o teor do K encontra-se no nível médio (Tabela 2). Em muitos casos discute-se essa situação devido aos produtores estarem negligenciando a prática da calagem, que incorpora Ca e Mg ao solo. Este fato limita a capacidade do solo de manter os níveis adequados de Ca e Mg, resultando em solos degradados e com baixa fertilidade, e consequentemente queda da produtividade.

O teor mais elevado de P e médio do K, sugere que a adubação desses nutrientes é mais frequente para a cultura (Tabela 2). O café, é uma cultura de alto valor comercial, principalmente, no estado do Espírito Santo, onde demanda de uma manejo intensivo das práticas de fertilização para manter a produtividade e qualidade.

A classificação do nível médio para o matéria orgânica do solo (MOS) demonstra que na região, o aporte de conteúdo orgânico no solo é baixo (Tabela 2). A MOS atua em diversos processos do solo, regulando a atividade da biota do solo e modificando as propriedades físicas e químicas do solo, bem como o aumento da capacidade de retenção de água e nutrientes no solo. Os benefícios do aporte de matéria orgânica, pode gerar aos produtores da região, um manejo mais eficiente da fertilidade do solo, auxiliando na redução da degradação do solo, onde o seu incremento pode trazer benefícios a parte física, química e biológica do solo, resultando em um solo mais fértil e saudável. De acordo com Bettiol *et al.* (2023), o aporte de matéria orgânica é um dos principais manejos em solos tropicais, como os da região do presente estudo, assegurando uma maior capacidade de troca de cátions, o uso mais eficiente de fertilizantes e o fornecimento de nutrientes via decomposição do material orgânico.

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Os resultados da Tabela 3 indicam uma deficiência de Ca, Mg e K, onde os solos analisados apresentaram, em sua maioria, valores abaixo do nível crítico (limite superior do nível médio), evidenciando a necessidade de um manejo mais eficaz para reposição desses nutrientes e, consequentemente, melhoria da fertilidade do solo.

De acordo com Malavolta (2006), valores abaixo do nível crítico refletem em condições inadequadas para a produção agrícola, impactando negativamente o potencial produtivo. Para o desenvolvimento adequado das culturas agrícolas, é fundamental que os solos apresentem altos níveis de disponibilidade de nutrientes, incluindo Ca, Mg e K, que são importantes para o crescimento das plantas e a qualidade da produção. Apesar do café ser uma cultura de grande importância econômica, o manejo inadequado da adubação, pode levar a baixa disponibilidade de nutriente para a cultura, acarretando em perdas de qualidade e quantidade de grãos.

Além disso, apesar da maioria das amostras possuírem baixos teores de Al, ainda há uma grande quantidade de amostras (45%) que possuem Al em nível médio ou alto (Tabela 3). A presença deste elemento pode causar toxidez na raiz, e consequentemente reduz a produtividade. Logo, em áreas de cafeeiro, no que se diz respeito à fertilidade do solo, ainda há muito o que ser melhorado.

Diante do exposto, pode-se inferir que a prática de calagem está sendo ignorada ou mal manejada pelos produtores. De acordo com Sousa e Lobato (2004), o crescimento das raízes das plantas é reduzido na presença de Al, sendo igualmente afetado pela deficiência de Mg e Ca, além de reduzir a disponibilidade do P. A aplicação de calcário no solo (calagem), se faz necessário para neutralizar o  $Al^{3+}$  e fornecer Ca e Mg para as plantas. Essa prática é fundamental para obter melhores produtividades das culturas e aumentar a eficiência no uso da água e nutrientes.

A maioria das amostras apresentaram-se abaixo do nível ideal de pH entre 5,5 e 6,5 (Figura 1A), este dado corrobora com a ausência da prática da calagem nas áreas de cafeeiro. Apesar da acidez ativa representar uma parcela muito pequena da acidez do solo, ela é um dos fatores que influenciam diretamente a disponibilidade de nutrientes no solo. O pH afeta a dinâmica, podendo torná-los mais ou menos disponíveis para as plantas. Solos com acidez elevada ( $pH < 5,0$ ) apresentam menor disponibilidade de nutrientes, e altas concentrações de alumínio ( $Al^{3+}$ ) agravam ainda mais o problema, pois o  $Al^{3+}$  compete com Ca, Mg e K nos sítios de troca do solo (Malavolta, 1979).

A CTC potencial possui uma estreita relação com o teor de MOS. Solos com menor teor de MOS tendem a apresentar baixa CTC potencial (Figura 1B). Isso ocorre devido a MOS, juntamente com argilas, serem responsável pelo aparecimento de cargas elétrica (CTC). Quando o teor de MOS é reduzido, menor será a capacidade do solo em armazenar nutrientes como Ca, Mg e K, tornando-os suscetível a lixiviação.

A acidez potencial ( $H + Al$ ) é um parâmetro fundamental no meio agrônomo, indicando quantidade potencial de acidez armazenada no solo, incluindo a acidez trocável e a não trocável, associada ao hidrogênio ligado por ligações covalentes aos compostos orgânicos e aos colóides minerais presentes no solo. Solos com alta acidez potencial possuem alta capacidade tampão de acidez de um solo, ou seja, possuem elevada capacidade de resistir a mudanças nos valores de pH (Silva, 2005). Diante disso, nas áreas de cafeeiro, onde cerca de 50% estão em nível alto (Figura 1C), necessitam de uma maior quantidade de corretivo aplicado.

Vários estudos na literatura abordam a pesquisa dos atributos químicos do solo em diversas regiões, sistemas agrícolas e tipos de solo, como mencionado por Canellas *et al.* (2003) e Falleiro *et al.* (2003). Esses estudos contribuem para uma compreensão mais abrangente das características dos solos e sua capacidade de fornecer nutrientes às plantas, o que é fundamental para o manejo agrícola eficaz e a otimização da produção.

### Conclusão

Os solos na região sul do estado do Espírito Santo, sob a cultura do café, exibem baixa fertilidade, assim como níveis médios de matéria orgânica do solo e baixos teores de potássio e cálcio. A maioria das amostras possuem nível médio e alto de alumínio trocável. A maioria das amostras avaliadas foram classificadas como nível médio de acidez, CTC potencial e saturação por bases.

### Referências

## A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

BETTIOL, W.; SILVA C. A.; CERRI C. E. P. C.; MARTIN-NETO L.; DE ANDRADE C. A. (eds.). **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**. Brasília: EMPRABA, 2023. Disponível em livro Wagner.indd. Acesso em: 31 ago. 2025.

CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A.; RAMALHO, J. F.; BRAZ FILHO, R.; RUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. Propriedade químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhço e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG v. 27, p. 935-944, 2003.

CARDOSO, E. L.; FERNANDES, A. H. B. M.; FERNANDES, F. A. **Análise de solos: finalidade e procedimentos de amostragem**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. 5 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 79). Disponível em: Acesso em: 02 set. 2025.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Métodos de análise de solo. Ministério da Agricultura e do abastecimento: Rio de Janeiro, 1997.

DA SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/330496>. Acesso em: 31 de ago. 2025.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. **Growth and mineral nutrition of field crops**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2011.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n.6, p.1097-1104, 2003.

GUARÇONI, A; FAVARATO, L. F.; STIPP, S. R.; CASARIN, V. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incaper em Revista**, v. 10, p. 22-42, 2019.

MALAVOLTA, E. **ABC da Adubação**. Editora Agronômica CERES Ltda. São Paulo, 1979. 256 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006.

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. 16p.

SEAG/INCAPER. Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura Capixaba, 2008. Disponível em: <https://seag.es.gov.br/plano-estrategico-de-desenvolvimento-da-agricultura-capixaba-pedeag>. Acesso em: 19 out. 2025.

SILVA, M. Z. **A acidez potencial do solo não é determinada a pH 7,0**. 2005. 34f. Tese (Mestrado) – Programa de pós graduação em solos e nutrição de plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. Disponível em: [Microsoft Word - TESE FINAL.doc](#). Acesso em: 3 de set. 2025.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) e a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).