

Estado nutricional dos solos e cafeeiros da região das Matas de Minas



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Café
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 14

Estado nutricional dos solos e cafeeiros da região das Matas de Minas

*Williams Pinto Marques Ferreira
Adriene Woods Pedrosa
Marcelo de Freitas Ribeiro
Edgard Augusto de Toledo Picoli
Andre May
Sérgio Maurício Lopes Donzeles*

Embrapa Café
Brasília, DF
2021

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Café
Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (final), Ed. Sede
CEP: 70770-901, Brasília, DF
Fone: +55 (61) 3448-4378 / 4010
Fax: +55 (61) 3448-1797
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações da Embrapa Café

Presidente
Lucas Tadeu Ferreira

Vice-Presidente
Jamilsen de Freitas Santos

Secretária-Executiva
Adriana Maria Silva Macedo

Membros
Anísio José Diniz, Carlos Henrique Siqueira de Carvalho, Helena Maria Ramos Alves, Lucilene Maria de Andrade, Mauricio Sergio Zacarias, Milene Alves de Figueiredo Carvalho, Omar Cruz Rocha, Rogério Novais Teixeira, Roseane Pereira Villela.

Supervisão editorial
Adriana Maria Silva Macedo

Revisão de texto
Francisca Elijani do Nascimento

Normalização bibliográfica
Márcia Maria Pereira de Souza

Tratamento das ilustrações
Thiago Farah Cavaton

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Thiago Farah Cavaton

Foto da capa
Williams Pinto Marques Ferreira

1ª edição
Publicação digital (2021)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Secretaria-Geral

Estado nutricional dos solos e cafeeiros da região das Matas de Minas / Williams Pinto Marques Ferreira ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa Café, 2021.

PDF (42 p.) – (Documentos / Embrapa Café, ISSN 1678-1694, 14).

1. Café. 2. Manejo do solo. 3. Produtividade. 4. Fertilidade do solo. 5. Nutrição do solo. I. Pedrosa, Adriene Woods. II. Ribeiro, Marcelo de Freitas. III. Picoli, Edgard Augusto de Toledo. IV. May, Andre. V. Donzeles, Sérgio Maurício Lopes. VI. Título. VII. Série.

CDD (21. ed.) 633.73

Autores

Williams Pinto Marques Ferreira

Graduado em Meteorologia, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Embrapa Café, Brasília, DF

Adriene Woods Pedrosa

Engenheira-Agrônoma, Ph.D. Professora do Departamento de Agronomia da UFV, Viçosa, MG

Marcelo de Freitas Ribeiro

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais e Chefe Geral da Epamig Sudeste, Viçosa, MG

Edgard Augusto de Toledo Picoli

Engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento, professor da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

Andre May

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Sérgio Maurício Lopes Donzeles

Engenheiro agrícola, doutor em Engenharia Agrícola, pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Viçosa, MG

Apresentação

Principal produto do agronegócio do estado Minas Gerais, o café é cultivado em diferentes sistemas de produção. Em razão das diferentes tecnologias adotadas pelos cafeicultores, informações provenientes de pesquisas tornam-se fundamentais para dar suporte à obtenção de produção economicamente viável e sustentável. Assim, este documento fruto de ampla pesquisa, oferece ao produtor informações corretas sobre a realidade e a importância do estado nutricional dos solos e dos cafeeiros cultivados na região das Matas de Minas, que é a segunda maior produtora de café no Estado.

Muitas vezes o solo é considerado apenas um meio no qual o cafeeiro desenvolve-se, no entanto, seu correto manejo é imprescindível para que o sistema agrícola torne-se rentável e sustentável em longo prazo, uma vez que nele encontram-se os principais fatores que determinam o futuro de qualquer cultivo. Para o solo ser produtivo, ele precisa ser fértil, ou seja, apresentar características químicas necessárias para fornecer níveis adequados de nutrientes às plantas de café, de modo que elas permaneçam saudáveis, resistentes à seca, ao frio e à competição com plantas espontâneas, e assim possam expressar seu máximo potencial produtivo.

Os solos tropicais, como os de Minas Gerais são, geralmente, caracterizados como de baixa fertilidade. Os nutrientes presentes no solo são absorvidos pelas plantas, exercendo nelas funções específicas e importantes. O cafeeiro necessita de nutrientes essenciais, os quais são classificados em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl e Mo), para assegurar seu adequado crescimento, desenvolvimento e produção. Portanto, é fundamental que o produtor conheça o estado nutricional dos solos e dos cafeeiros, para fazer o correto manejo de ambos e assim obter máxima produtividade.

Dada a importância do tema, os autores apresentam nesta publicação a realidade do estado nutricional dos solos e dos cafeeiros das Matas de Minas, bem como as principais recomendações sobre as características dos solos e das plantas, em linguagem de fácil compreensão, de forma que a obra seja um instrumento de orientação ao cafeicultor sobre o correto manejo do solo e das plantas de café da região.

Antonio Fernando Guerra
Chefe-Geral da Embrapa Café

Sumário

Introdução	9
Importância da análise do solo e foliar	11
Clima da região das Matas de Minas	12
Classificação dos solos da região das Matas de Minas	15
Técnicas de amostragem e análise dos dados	17
Avaliação dos atributos químicos do solo na região das Matas de Minas ..	18
Saturação por Al^{3+} (m) no solo	18
Saturação por bases (V) no solo	19
Matéria orgânica (MO) no solo	20
O potencial hidrogeniônico (pH) do solo	22
Condições nutricionais dos cafeeiros da região das Matas de Minas	23
O nitrogênio (N) foliar	24
O fósforo (P) no solo e foliar	25
O potássio (K) no solo e foliar	27
O cálcio (Ca) no solo e foliar	29
O magnésio (Mg) no solo e foliar	30

O enxofre (S) foliar	31
O boro (B) foliar	33
O cobre (Cu) foliar	34
O zinco (Zn) foliar	36
O ferro (Fe) foliar	37
O manganês (Mn) foliar	39
Considerações finais	41
Referências	42
Literatura recomendada	40

Introdução

O Brasil é o maior produtor de café no mundo, com 63,08 milhões de sacas beneficiadas em 2020, sendo 48,77 milhões de café arábica. Dentre os estados brasileiros, Minas Gerais se destaca por ser responsável por aproximadamente 49% da produção nacional. Esse estado é dividido por regiões cafeeiras, dentre as quais se destaca, em pleno bioma Mata Atlântica, na porção leste, a região das Matas de Minas. Essa região é formada por 64 municípios, nos quais o bom desenvolvimento das lavouras de café é favorecido pelo relevo ondulado, que lhe confere um clima ameno, principalmente, nas altitudes superiores a 1.000 m, bem como pelo tipo de solo e pelo manejo tradicional desenvolvido e realizado pelos produtores para a produção de cafés de qualidade. Porém, para a produção comercial do café na região, é necessária a aplicação das boas práticas culturais, sobretudo em relação ao correto manejo da adubação da cultura.

A cafeicultura na região das Matas de Minas é predominantemente de base familiar, com aproximadamente 275 mil hectares de lavouras, distribuídos em cerca de 51 mil propriedades, das quais mais ou menos 41 mil são pequenas propriedades rurais, com menos de 20 ha. Os pequenos produtores, pelas próprias características de produção, geralmente possuem recursos financeiros escassos para investir na lavoura; logo, considerando o alto custo dos fertilizantes, é fundamental que esses insumos sejam aplicados de forma eficiente para que sejam otimizados.

O cafeeiro demanda grande quantidade de nutrientes e, para garantir alta produtividade, deve ser dada maior atenção à fertilidade, com a correta aplicação de corretivos e fertilizantes. Assim, a nutrição adequada pode favorecer a maior resistência das plantas à ocorrência de pragas e doenças, bem como possibilitar a produção de cafés de melhor qualidade. No entanto, para maior eficiência na absorção e uso dos nutrientes, é necessário determinar corretamente a fase de desenvolvimento da planta, uma vez que cada uma delas apresenta exigências nutricionais distintas, assim como o nutriente e a quantidade a serem aplicados. Dessa forma, quando ocorre o manejo adequado da adubação, é possível alcançar maior produtividade com o menor custo.

Para a adequada adubação, é fundamental determinar a fertilidade do solo e o estado nutricional das plantas, para identificar quais os nutrientes podem limitar o crescimento, o desenvolvimento e a produção na próxima safra. Para essas determinações, destacam-se as análises químicas do solo e das folhas, por meio das quais é possível avaliar a fertilidade e fazer a diagnose nutricional das plantas, respectivamente.

A diagnose foliar, que define o teor de nutrientes na planta, complementa a análise de solo, abrangendo a avaliação dos fatores do solo e da planta que podem limitar a expressão máxima do potencial produtivo do cafeeiro. A análise química do solo indica os níveis dos nutrientes, o pH e o teor de matéria orgânica, entre outras características importantes para realização de recomendações de insumos mais eficientes de acordo com cada cultura. Inicialmente, o produtor deve realizar a coleta das amostras de solo e folhas nas lavouras seguindo as orientações das normas técnicas, bem como o correto uso de ferramentas e acondicionamento das amostras para o envio aos laboratórios credenciados para as análises, tal como recomendado para a cultura do cafeeiro (Martinez et al., 1999). A partir dos resultados das análises laboratoriais, é recomendado que profissionais técnicos, atuantes na assistência técnica e extensão rural da região, orientem os cafeicultores a realizar, quando necessária, a devida reposição dos nutrientes via solo e foliar. Essa prática aumentará a absorção, o que proporcionará maior potencial de crescimento e desenvolvimento da planta, de tal modo que ela produza os melhores frutos. Possibilitando, assim, a colheita de grãos de cafés com potencial máximo de produção de bebida de excelente qualidade, característica típica dos cafés produzidos na região das Matas de Minas.

Considerando a importância de assegurar aos cafeeiros condições nutricionais ideais, o presente trabalho tem a finalidade de caracterizar a fertilidade do solo e o estado nutricional dos cafeeiros da região das Matas de Minas, de forma a orientar os produtores a alcançar o potencial máximo produtivo em suas lavouras.

Importância da análise do solo e foliar

As análises químicas do solo e da planta são fundamentais para o correto manejo nutricional da lavoura, pois as deficiências nutricionais, bem como os excessos (toxidez), geralmente ocorrem gradativamente, e são, no início, imperceptíveis para um diagnóstico visual; assim influenciam no nível da diferenciação celular, causando possíveis implicações na condução de seiva, nutrientes e, eventualmente, na produção e qualidade de bebida, sendo, portanto, consideradas ocultas para o cafeicultor.

Anteriormente aos sintomas de deficiência ou toxidez mineral, as plantas respondem em nível celular e histológico, de modo a se adaptar melhor à condição nutricional que se apresenta conjuntamente a outros fatores ambientais, como a disponibilidade de água, luz, temperatura, e fatores bióticos.

Para maximizar o desenvolvimento e a produção das plantas, os nutrientes minerais essenciais devem se encontrar em níveis ótimos no solo, para que sejam absorvidos e utilizados de forma eficiente. Quando as concentrações desses nutrientes se encontram fora do nível ótimo, poderão ser observados os sintomas de deficiência ou toxidez de nutrientes essenciais. Esses sintomas são o reflexo de alterações no metabolismo e estrutura das células e tecidos que, em situações extremas, são visualizados como cloroses, necroses ou alterações visíveis nos órgãos da planta. Particularmente, quando os sintomas se tornam visíveis, é caracterizado o sinal da “fome” ou “excesso” de um ou mais nutrientes. A partir desse ponto, as alterações são, em sua maioria, irreversíveis, prejudicando consideravelmente o potencial produtivo das plantas.

No solo a elevada acidez, os altos teores de alumínio trocável (Al^{3+}) e a deficiência de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) afetam o pleno desenvolvimento das plantas e a obtenção de elevadas produtividades, uma vez que o baixo pH reduz a disponibilidade de alguns nutrientes e aumenta o efeito tóxico de alumínio nas plantas. Portanto, a calagem é importante por reduzir a acidez do solo, aumentar o teor de Ca e Mg e neutralizar o alumínio (Al). Porém, esta deve ser realizada de acordo com a interpretação da análise do solo e antes da adubação, pois, em excesso, a calagem pode provocar a deficiência de boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe) e manganês (Mn).

O gesso é um condicionador do solo, ou seja, ele não substitui o calcário, mas promove melhorias nas camadas mais profundas do solo, principalmente nos mais arenosos, por descer facilmente no perfil do solo, fornecer Ca e enxofre (S), além de neutralizar o Al. A sua aplicação também deve ser realizada conforme recomendação da análise de solo, principalmente, em solos com baixa fertilidade, já que, quando utilizado em excesso, pode arrastar o Ca, o Mg e o potássio (K) para as camadas mais profundas, diminuindo a disponibilidade desses nutrientes nas camadas superficiais. Quando necessária, a gessagem deve ser feita juntamente com a calagem.

A absorção dos nutrientes em excesso pode causar desequilíbrio e prejuízos ao metabolismo tanto quanto a deficiência, pois também afeta os processos bioquímicos que ocorrem no interior da planta, dessa forma os danos podem refletir negativamente na produtividade e sanidade das plantas. A dose a ser aplicada de nitrogênio (N), fósforo (P), K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, B e cobre (Cu), nutrientes essenciais para o bom desenvolvimento do cafeeiro, varia de acordo com a fase de muda ou no plantio e, no caso de lavoura já estabelecida, varia conforme o estado fenológico da cultura no campo, se a planta está em crescimento vegetativo, florada e expansão, granação, maturação dos frutos e, principalmente, com a produtividade esperada.

A diagnose do estado nutricional do cafeeiro (análise foliar) indica a necessidade de adubações no solo e foliares, para complementar os teores de micronutrientes (Fe, Mn, Zn, B e Cu) exigidos pelas plantas, os quais podem estar disponíveis no solo em concentrações inferiores às necessárias para o ótimo desenvolvimento e produção do cafeeiro. Essa prática deve ser realizada regularmente durante o período das chuvas, mas também pode ser feita em outros momentos, como na pré-florada.

Clima da região das Matas de Minas

A disponibilidade de luz, associada ao relevo ondulado com altitude média de 697 m, torna o clima na região das Matas de Minas favorável à cafeicultura. Dentre os fatores ambientais da região, destaca-se a altitude, que varia desde 174 m até 2.829 m (Figura 1), com 78% das áreas da região compreendidas entre 400 m e 1.000 m. Aproximadamente, 13% da área da região encontra-se abaixo de 400 m, sendo que as áreas mais elevadas se

encontram acima de 1.000 m de altitude (Serras do Brigadeiro e Caparaó) e representam somente 9% da área total da região.

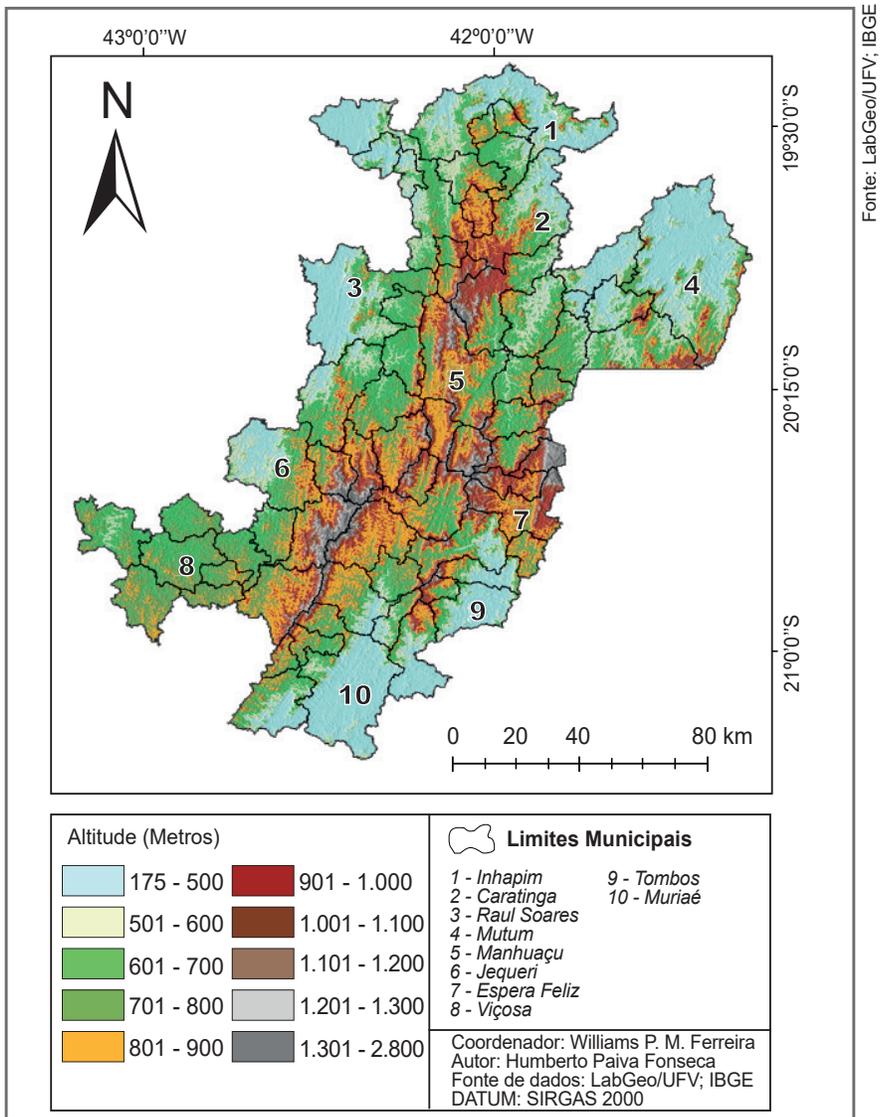


Figura 1. Modelo digital de elevação da região das Matas de Minas.

As variadas altitudes contribuem para que essa região, reconhecida pela produção de cafés de qualidade superior, apresente o clima predominante classificado, segundo Köppen, como Cwa. Esse clima é definido como clima temperado quente, no qual a temperatura média do mês mais quente é superior a 22 °C e a média do mês mais frio inferior a 18 °C, sendo que, nesse caso, a época mais seca do ano coincide com o inverno do Hemisfério Sul. O volume de precipitação varia entre 1.110 mm a 1.819 mm por ano, sendo que as áreas mais ao norte e a oeste da região apresentam os menores volumes de chuva. Já os maiores volumes são registrados tanto nas regiões mais elevadas, quanto nos municípios localizados mais ao sul da região das Matas de Minas.

Embora o café arábica seja oriundo de regiões de clima tropical úmido com temperaturas amenas, a região das Matas de Minas, por estar localizada na Zona Intertropical, recebe grande quantidade de luz solar durante o ano. Essa maior disponibilidade de energia contribui para que a temperatura do ar mais elevada influencie no crescimento, nos processos fisiológicos e na produtividade do cafeeiro da região, contribuindo para a produção de um café de qualidade superior com características particulares associadas ao meio ambiente onde é produzido.

Por ser uma região de clima mesotérmico, o verão é marcado por grande volume de chuvas, sendo também a época do ano na qual a nebulosidade é máxima. Durante essa estação, ocorre a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que apresenta localização média nos subtropicais e está associada ao escoamento de ventos da baixa troposfera. A ZCAS é uma extensa faixa de nebulosidade, que se estende por milhares de quilômetros, com orientação NO/SE, desde a parte sul da Amazônia, passando sobre a região das Matas de Minas, até alcançar a parte central do Atlântico Sul, onde é comum a formação dos anticiclones tropicais que deslocam para o continente grandes volumes de ar úmido proveniente do oceano, favorecendo assim a presença da massa de ar tropical atlântica sobre a região das Matas de Minas.

As encostas escarpadas das montanhas da região das Matas de Minas contribuem para a redução da temperatura do ar e a formação de áreas com microclimas classificados como Cwb, segundo a classificação climática de Köppen. É, portanto, um clima temperado úmido com inverno seco e verão ameno no qual a temperatura média do mês mais quente é inferior a 22 °C e durante pelo menos quatro meses é superior a 10 °C.

O clima também influencia o momento da adubação das plantas de café, ou seja, o fornecimento de nutrientes para o cafeeiro inicialmente pode começar no final do inverno (agosto), quando as plantas de café estão em crescimento vegetativo, e continuar na primavera, logo após o início da estação chuvosa (setembro/outubro) quando ocorrer a principal florada. A adubação pode ser feita no verão (janeiro a março), pois, nesse período, há grande demanda de nutrientes para a granação dos frutos.

Classificação dos solos da região das Matas de Minas

O relevo ondulado da região apresenta solos profundos e bem drenados e solos com horizonte húmico nas áreas mais elevadas. Nas Matas de Minas, predominam os Latossolos (80%) e os Argissolos (10%) (Tabela 1), os quais foram identificados a partir do mapeamento realizado nas bacias do Rio Doce e do Rio Paraíba do Sul, principais bacias hidrográficas que compõem a região (Figura 2).

Tabela 1. Classes de solo da região das Matas de Minas.

Classe	Área (ha)	Contribuição relativa (%)
Cambissolo flúvico	4.529,91	0,26
Cambissolo háplico	6.604,29	0,37
Latossolo vermelho	7.175,62	0,41
Latossolo amarelo	30.486,58	1,74
Latossolo vermelho húmico	33.262,90	1,89
Neossolo litólico	58.310,01	3,33
Cambissolo húmico	59.524,17	3,40
Argissolo vermelho-amarelo	69.697,36	3,98
Argissolo vermelho	88.982,64	5,08
Latossolo vermelho-amarelo húmico	202.722,56	11,57
Latossolo vermelho-amarelo	1.191.201,92	67,97
Total	1.752.497,96	100,00

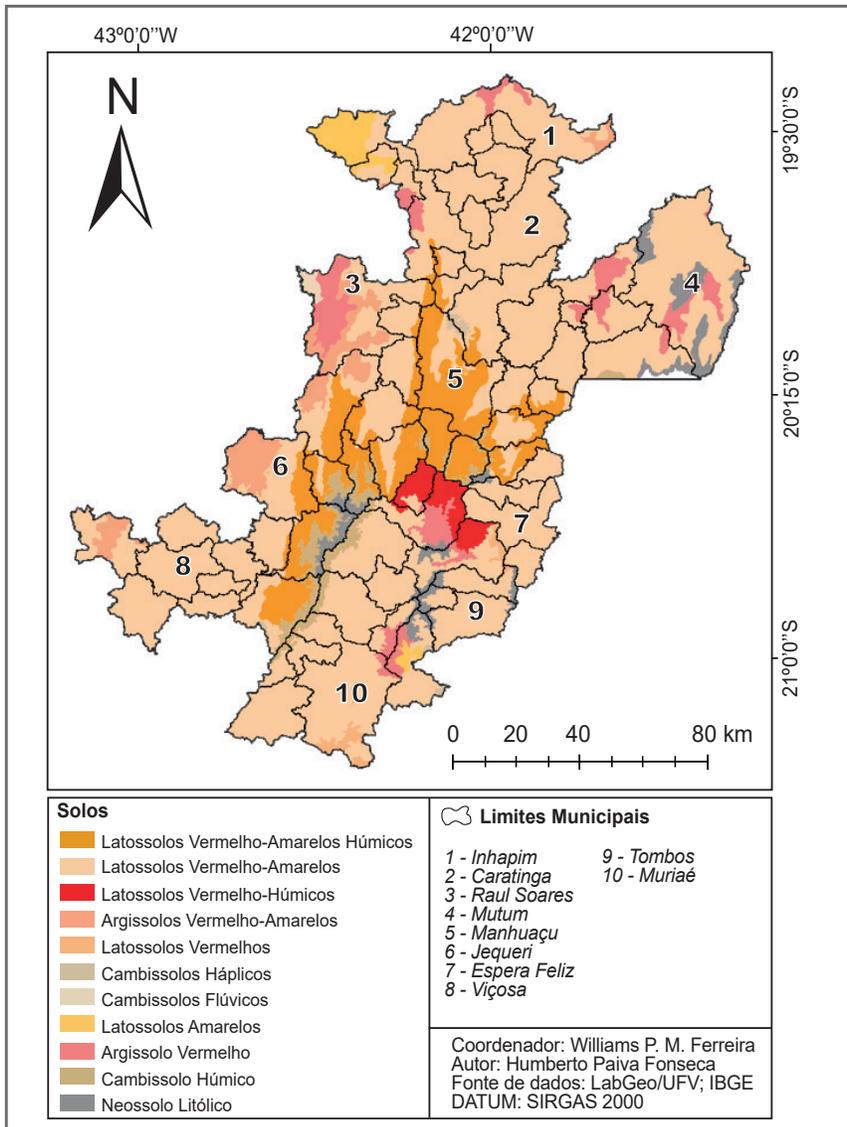


Figura 2. Distribuição das diferentes classes de solo na região das Matas de Minas.

Técnicas de amostragem e análise dos dados

Para alcançar os objetivos propostos, foram coletadas, em junho de 2015, especificamente para a presente pesquisa, amostras de solo compostas nos primeiros 20 cm de profundidade em 447 lavouras ao longo da região das Matas de Minas. As amostras coletadas foram enviadas para a realização das análises laboratoriais de rotina. Para isso foram secas à temperatura ambiente, em seguida destorroadas e passadas na peneira de malha de 2 mm. A análise granulométrica foi feita de acordo com a metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Posteriormente foram realizadas as análises químicas das amostras, para determinação do pH e da acidez potencial, bem como dos teores de P, K, Ca, Mg, Al e matéria orgânica, conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017).

Também, determinaram-se as frequências com que os componentes analisados se apresentavam inferiores, ou superiores, àqueles considerados adequados, segundo Ribeiro et al. (1999) no manual de *Recomendações para o uso de fertilizantes de Minas Gerais – 5ª aproximação*, para a interpretação da fertilidade do solo das lavouras cafeeiras.

As análises químicas das folhas para determinação das concentrações dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e dos micronutrientes (Zn, Fe, Mn, Cu e B) foram realizadas conforme metodologia descrita por Ribeiro et al. (1999). Adicionalmente, foram determinadas as frequências com que os nutrientes analisados se apresentavam inferiores, ou superiores, as concentrações consideradas por Martinez et al. (1999) como adequadas para o cafeeiro. Para cada elemento analisado no solo e/ou planta das lavouras, consideraram-se como mais limitantes os dois nutrientes que mais frequentemente apresentaram teores, e, ou, concentrações inferiores, ou superiores, aos considerados como adequados na literatura.

Avaliação dos atributos químicos do solo na região das Matas de Minas

Nas lavouras da região das Matas de Minas, foram observadas as frequências dos valores médios da saturação por alumínio (m), saturação de bases (V), teor de matéria orgânica (MO) e do pH do solo, conforme as classes consideradas adequadas para o cafeeiro (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de interpretação da acidez ativa (pH), da saturação por alumínio (m), da saturação por bases (V) e do teor de matéria orgânica (MO) dos solos, descritas por Alvarez V. et al. (1999).

Atributos	Classes				
pH	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	< 4,5	4,5 – 5,4	5,5 – 6,0	6,1 – 7,0	> 7,0
m (%) ¹	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	≤ 15,0	15,1 – 30,0	30,1 – 50,0	50,1 – 75,0	> 75,0
V (%) ²	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	≤ 20,0	20,1 – 40,0	40,1 – 60,0	60,1 – 80,0	> 80,0
MO (dag kg ⁻¹) ³	≤ 0,70	0,71 – 2,00	2,01 – 4,00	4,01 – 7,00	> 7,00

¹m = 100 Al³⁺/t; ²V = 100 SB/T; ³dag/kg = % (m/m).

Saturação por Al³⁺ (m) no solo

A saturação por alumínio em um solo demonstra a porcentagem de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺) e alumínio na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Portanto, determina o caráter alítico ou alumínico do solo.

A classificação média de saturação por alumínio, descrita por Alvarez V. et al. (1999), está compreendida entre valores de 30,1% a 50% (Tabela 2). Na região das Matas de Minas, somente 6% das lavouras apresentaram alta saturação por alumínio, enquanto 21% das lavouras apresentaram média

saturação (Figura 3). O alumínio no solo é um elemento indesejável por ser considerado tóxico para as plantas. Quando o pH se aproxima de 5,5, o alumínio tende a estar próximo de zero, portanto o cultivo do cafeeiro não é recomendado em solos com o pH inferior a 5,5.

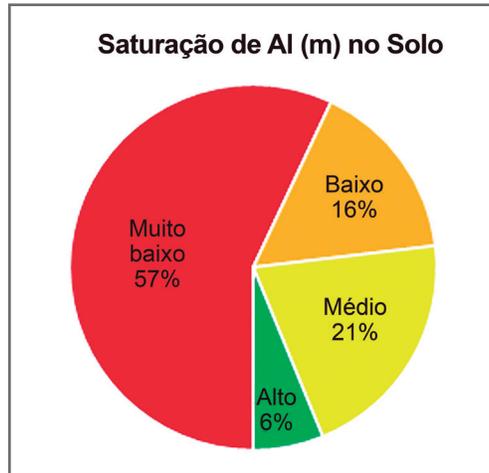


Figura 3. Percentual de lavouras classificadas conforme a saturação por alumínio (m), na região das Matas de Minas.

Saturação por bases (V) no solo

A saturação por base é a proporção de cátions básicos trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+) em relação à capacidade de troca determinada a pH 7. Solos com V igual ou superior a 50% são denominados solos eutróficos e solos com valores de saturação de bases inferiores a 50% são denominados solos distróficos. A fertilidade natural do solo está diretamente relacionada a essa característica, uma vez que o solo eutrófico apresenta alta fertilidade e o solo distrófico baixa fertilidade, indicando assim a necessidade, ou não, de adubação para uso agrícola.

Para o cafeeiro é recomendada que a saturação por bases seja de, no mínimo, 60%. Na região das Matas de Minas, 20% das lavouras apresentaram saturação por bases muito baixa, e 46% apresentaram baixo valor

de V (Figura 4), ou seja, em 66% das lavouras cafeeiras é recomendada a calagem para que seja alcançado o valor de V de 60%, sendo a calagem calculada conforme descrito por Ribeiro et al. (1999).

Ressalta-se ainda que 26% das áreas foram classificadas com média saturação por bases, sendo necessário verificar separadamente cada lavoura, já que a classificação média de V, descrita por Alvarez V. et al. (1999), varia entre 40,1% e 60% (Tabela 2).

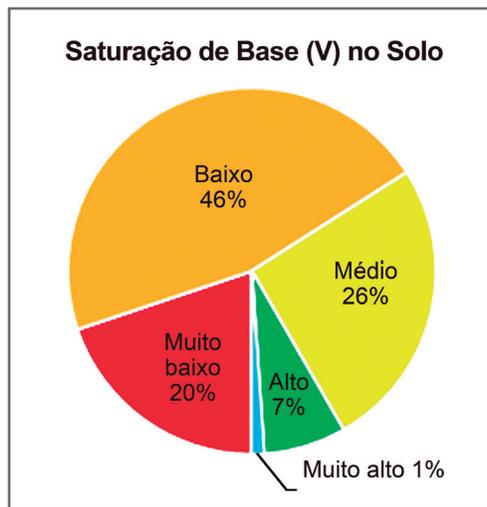


Figura 4. Percentual de lavouras classificadas conforme a saturação por base (V), na região das Matas de Minas.

Matéria orgânica (MO) no solo

A matéria orgânica do solo altera de forma benéfica as propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo, favorecendo assim o bom crescimento e desenvolvimento das plantas. Dentre essas características, destacam-se as melhorias físicas do solo, uma vez que a MO melhora a densidade, a estruturação, a aeração, a retenção de água e a consistência, as quais interferem nas demais propriedades químicas e físicas do solo. Portanto, o cafeicultor deve manejar a lavoura de modo a incrementar o teor

de MO, uma vez que essa substância melhora o solo, além da disponibilização e absorção dos nutrientes. Ressalta-se que o cafeicultor deve ter cuidado ao utilizar alguns adubos orgânicos que têm o poder de neutralizar a acidez do solo, exercendo efeito similar ao da calagem, pois o seu uso excessivo e contínuo pode promover o aumento do pH acima do nível ideal e causar a indisponibilidade de alguns micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn).

Na região das Matas de Minas, 45% das lavouras apresentaram médio teor de MO e 4%, baixo teor (Figura 5). Logo, nas áreas com baixo teor, é recomendada a incorporação de matéria orgânica, uma vez que Alvarez V. et al. (1999) definiram como nível crítico o valor de $4,00 \text{ dag kg}^{-1}$ para a MO no solo; os teores entre $4,00 \text{ dag kg}^{-1}$ e $7,00 \text{ dag kg}^{-1}$ foram classificados como bons; e os teores acima de $7,00 \text{ dag kg}^{-1}$ como muito bons (Tabela 2). Porém, ressalta-se que as lavouras que foram classificadas com médio teor de MO devem ser avaliadas separadamente. Outra forma de aumentar a matéria orgânica no solo é a adoção da roçagem em vez de outros métodos de controle de plantas espontâneas, pois a roçagem estimula a brotação de plantas espontâneas, as quais, depois de roçadas ao longo do tempo, se transformam em resíduos vegetais que são de forma natural incorporados ao solo.



Figura 5. Percentual de lavouras classificadas conforme a matéria orgânica do solo, na região das Matas de Minas.

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo

Para avaliar a acidez do solo, empregaram-se a acidez ativa (pH) e as demais características descritas anteriormente. Os valores obtidos nos solos da região das Matas de Minas foram comparados com as classes que representarem a interpretação para pH do solo descritas por Alvarez V. et al. (1999).

Com base na Figura 6, observa-se que um baixo percentual de lavouras da região das Matas de Minas apresentou pH do solo classificado como bom (4%), sendo que a maioria delas (77%) necessita de correção do pH do solo por meio da calagem, uma vez que 50% dos valores de pH foram classificados como baixos e 27% como muito baixos. Segundo Alvarez V. et al. (1999), a classificação de pH do solo baixo e muito baixo está compreendida entre os valores menores que 4,5 e entre 4,5 e 5,4, respectivamente (Tabela 2).

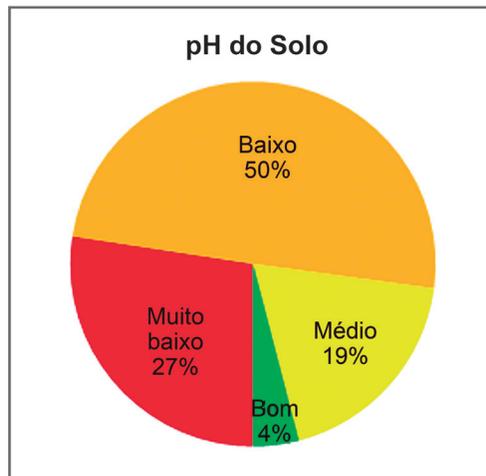


Figura 6. Percentual de lavouras classificadas conforme o pH do solo, na região das Matas de Minas.

Condições nutricionais dos cafeeiros da região das Matas de Minas

A nutrição do cafeeiro se inicia a partir da extração dos nutrientes que a planta retira do solo, assimila e converte em raízes, caule, ramos, folhas, flores e frutos. Para inferir sobre o estado nutricional, foram analisadas as porcentagens de lavouras em relação aos teores no solo de P, K, Ca e Mg, que foram comparados aos teores considerados como adequados por Guimarães et al. (1999). As concentrações foliares desses macronutrientes e do N, S, B, Fe, Cu, Zn e Mn foram comparadas às concentrações foliares consideradas adequadas no cafeeiro por Martinez et al. (1999).

A classificação desses nutrientes, no solo ou na planta, foi realizada com base nas classes de interpretação de cada nutriente do *Manual de recomendação para o uso de fertilizantes de Minas Gerais – 5ª aproximação* (Ribeiro et al., 1999), descritas como parâmetros para a cultura do cafeeiro.

Destaca-se que, para obtenção da máxima eficiência econômica, é necessário alcançar o equilíbrio entre os nutrientes essenciais para as produtividades elevadas, os quais são obtidos por meio de adubações anuais de reposição que fornecerão os nutrientes demandados para a produção subsequente. Além disso, a planta com desequilíbrio nutricional, deficiência ou excesso, normalmente torna-se mais susceptível a doenças e pragas, do que aquela adequadamente nutrida.

Em relação à análise foliar, entre todos os macronutrientes avaliados, o Ca e o Mg apareceram, nas lavouras, com maior frequência (86% e 53%, respectivamente) com concentrações foliares “deficientes”. O N e o K apresentaram maior frequência de lavouras com concentrações foliares em “excesso”, 84% e 5%, respectivamente. O P e o S apresentaram maior frequência de concentrações foliares “ideais”, 60% e 54%, respectivamente.

Em relação aos micronutrientes avaliados, o Cu e o Fe apresentaram maior frequência de lavouras com concentrações foliares “ideais”, 56% e 54%, respectivamente. O B e o Zn destacaram-se por apresentarem maior percentual das lavouras com concentrações foliares “deficientes”, 83% e 53%, respectivamente. O Mn apresentou maior percentual das lavouras com concentrações foliares em excesso (44%).

O nitrogênio (N) foliar

O N, que é o nutriente mais exigido e o segundo mais extraído pelo cafeeiro, faz parte de diversos constituintes celulares, por isso é fundamental ao crescimento vegetativo (folhas, caule, ramos e raízes), bem como à formação dos botões florais e frutificação. A deficiência de N é comum durante a granação dos frutos, principalmente devido a adubações insuficientes, ao sistema radicular malformado e à escassez ou excesso de água, por prejudicarem a absorção. Além disso, fertilizantes nitrogenados são facilmente lixiviados ou perdidos por volatilização.

Por ser um nutriente muito móvel na planta, os sintomas de sua deficiência surgem primeiro nas folhas mais velhas, com a clorose uniforme, inclusive nas nervuras, que se tornam necróticas e causam a queda das folhas; já, em grau muito elevado, em plantas com alta carga pendente, provoca a “seca de ponteiros”, ou seja, a morte descendente (da ponta para a base). Dessa forma, a deficiência de N torna as plantas menos enfolhadas em razão da queda e do menor tamanho das folhas, prejudicando a florada, o pegamento e o tamanho dos frutos.

Por meio da análise química foliar das lavouras na região das Matas de Minas, constatou-se que 84% delas apresentaram concentrações foliares de N em excesso (Figura 7), uma vez que a concentração foliar considerada adequada para o cafeeiro varia entre os valores de 2,3 a 3,20 dag de N por quilo de massa seca (Martinez et al., 1999).

Portanto, recomenda-se ao cafeicultor maior atenção na adoção da adubação nitrogenada, uma vez que o uso desnecessário, além de representar aumento do custo, pode comprometer a produção, pois a toxidez por N induz ao excessivo crescimento vegetativo, prejudicando o amadurecimento e a qualidade final do grão. O excesso de nitrogênio pode também induzir à deficiência de alguns micronutrientes (Zn, B, Cu e Fe) e tornar a planta mais susceptível a doenças.

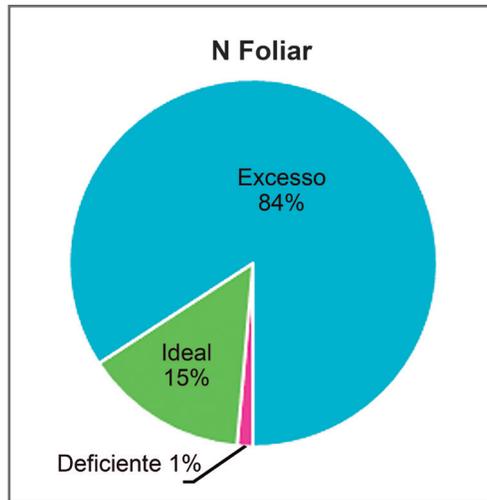


Figura 7. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de nitrogênio, na região das Matas de Minas.

O fósforo (P) no solo e foliar

O P é mais exigido na fase de formação da planta por atuar na estruturação das raízes e do lenho. Daí a importância da sua presença na adubação de plantio, devendo ser fornecido em maior quantidade no momento do plantio, uma vez que é fundamental para o rápido desenvolvimento do sistema radicular da planta. Na fase adulta, o P é menos exigido, em quantidade, que o nitrogênio e o potássio. Na planta em produção, contudo, o P deve ser fornecido durante todo o período vegetativo, por ser igualmente importante para a floração, a frutificação e a maturação dos frutos.

Inicialmente, sua deficiência provoca o aparecimento de manchas amareladas nas folhas mais velhas e, posteriormente, quando a deficiência é mais intensa, o aparecimento de manchas pardo-avermelhadas e marrom-arroxeadas nas folhas mais novas. A falta de P pode provocar má-formação das raízes, queda prematura das folhas mais velhas, diminuição na floração e no pegamento da florada, além de antecipar a maturação.

Para a fertilização correta de P, é necessário conhecer o teor disponível do nutriente, seu nível crítico e a declividade do nutriente disponível em função do nutriente adicionado ao solo, sendo esses dois últimos dependentes da capacidade tampão. Essa capacidade é estimada por meio do fósforo remanescente (P-rem), o qual permite estratificar a interpretação das análises de solos e as recomendações de adubação. O P-rem representa a quantidade do P-adicionado presente na solução de equilíbrio após definido tempo de contato com o solo e serve para estimar o nível crítico do P-disponível e a declividade do P-disponível como função do P adicionado ao solo. Assim, a classe de fertilidade do solo, determinada pelo P-remanescente, representa a capacidade de adsorção de fósforo do solo, ou seja, o quanto do P aplicado é retido pelas argilas do solo.

Com base na análise química do solo, constatou-se que 62% dos solos da região das Matas de Minas apresentaram teores de P muito bom (46%) e bom (16%). Neste caso, foram considerados os valores para o P-rem entre de 19 a 30, segundo a classificação descrita por Guimarães et al. (1999), pois a maioria das amostras de solos da região exibiram P-rem dentro dessa faixa de valores. Isso foi confirmado pela análise foliar das lavouras, na qual se constatou que 60% das lavouras apresentaram concentrações foliares de P ideais (Figura 8), já que a concentração foliar de P adequada para o cafeeiro, de acordo com Martinez et al., (1999), deve estar entre os valores de 0,15 a 0,20 dag de P por quilo de massa seca. No entanto, parte das lavouras apresentou concentrações de P foliar deficientes (27%) e excessivas (13%).

Diante dos resultados, ressalta-se que os cafeicultores precisam ter mais cuidado para aplicar o fertilizante fosfatado na dose e no momento indicado em suas lavouras, uma vez que o excesso de P, na cova ou sulco de plantio, interfere diretamente no desenvolvimento radicular e, indiretamente, na absorção e/ou transporte de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) para a parte aérea da planta. Esse manejo contribui para otimizar a produção e reduzir os custos na condução da lavoura.

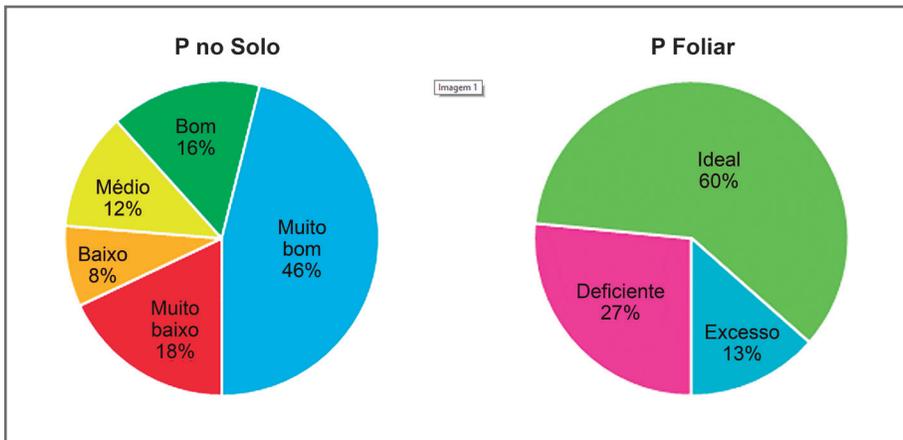


Figura 8. Percentual de lavouras classificadas conforme o teor de fósforo (P) no solo e a concentração foliar de P, na região das Matas de Minas.

O potássio (K) no solo e foliar

O K é o segundo nutriente mais demandado pelo cafeeiro, por exercer papel na fotossíntese, respiração e circulação da seiva, sendo que quanto mais velha é a planta, maior é a sua exigência. Esse nutriente é acumulado e exportado em grande quantidade pelos frutos, o que torna a palha de café rica nesse nutriente, sendo assim recomendado seu retorno às lavouras para minimizar a exportação realizada pelos frutos e gerar economia nos gastos com a adubação potássica. O K é fundamental para aumentar a resistência da planta à seca, já que é responsável por regular a abertura e o fechamento dos estômatos, ou seja, na regulação da perda de água pelas folhas. Além disso, é também responsável por conferir à planta resistência ao frio, pois proporciona maior concentração de solutos em função da maior eficiência fotossintética, respiração, circulação da seiva e síntese de carboidratos.

A maior demanda de K ocorre no cafeeiro em produção. Os sintomas de deficiência de K aparecem inicialmente nas folhas mais velhas, as quais se tornam amarelas nas pontas e margens e, posteriormente, secam e adquirem a cor marrom ou preta, com pequeno contorno amarelo próximo à área necro-

sada. As folhas se despregam facilmente dos ramos, ou seja, desfolham, e, em caso de deficiência severa, os ramos com frutos secam a partir da ponta em direção da base causando má-formação dos frutos, tornando-os menores e chochos, comprometendo toda a produção.

Com base na análise química do solo, observou-se que 94% dos solos da região das Matas de Minas apresentaram teores de potássio muito bom (72%) e bom (22%). Por outro lado, a partir da análise foliar das lavouras, constatou-se que 55% apresentaram concentrações foliares de K em excesso (Figura 9), uma vez que a faixa de concentração foliar de K considerada adequada para o cafeeiro, segundo Martinez et al., (1999), deve estar entre 1,9 a 2,40 dag de K por quilo de massa seca. Assim, ressalta-se novamente a maior necessidade de atenção por parte dos cafeicultores para não adubar excessivamente a lavoura, uma vez que o excesso de potássio pode induzir à deficiência de cálcio e de magnésio. O excesso de K é constatado principalmente quando são realizadas adubações sem a análise prévia dos solos e folhas porque, frequentemente, ocorre a interação inversa entre o K, o Ca e o Mg, ou seja, o excesso de certo nutriente reduz a absorção dos outros dois.

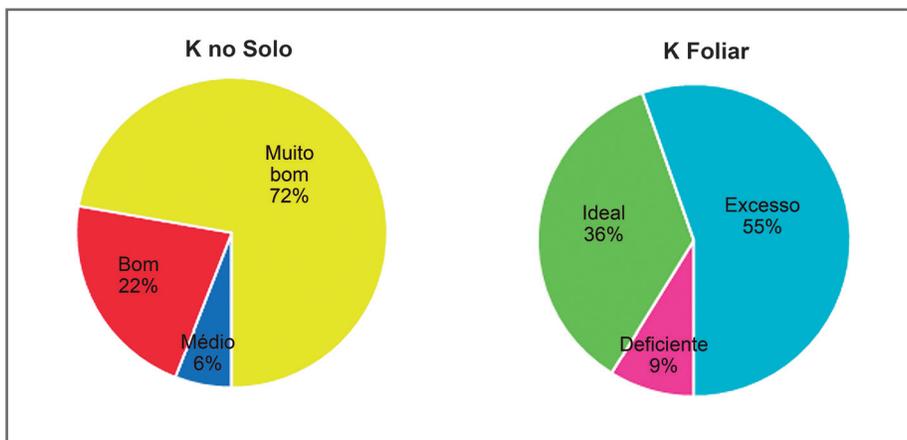


Figura 9. Percentual de lavouras classificadas conforme o teor de potássio (K) no solo e a concentração foliar de K, na região das Matas de Minas.

O cálcio (Ca) no solo e foliar

O Ca é fundamental para o desenvolvimento radicular, bem como para a maior retenção de folhas, desenvolvimento das gemas, maturação dos frutos e a formação de proteínas. Nas raízes, caules e ramos, a concentração de cálcio é semelhante à do potássio. O Ca deve ser colocado ao alcance das raízes por meio da calagem antes da implantação da lavoura, uma vez que, por ser um nutriente imóvel no solo, sua absorção ocorre mediante a interceptação radicular. A presença do Ca nas camadas mais profundas do solo é importante por possibilitar maior aprofundamento do sistema radicular do cafeeiro, assegurando assim maior tolerância da planta à seca.

Em função da sua imobilidade na planta, os sintomas iniciais de deficiência de Ca ocorrem nas folhas novas, com amarelecimento dos bordos, os quais podem estender-se até as nervuras, em direção ao centro. As nervuras, porém, se destacam por permanecerem verdes. Podem surgir pequenas lesões necróticas e morte do sistema radicular. Em casos severos de deficiência de Ca, as gemas terminais nas plantas jovens podem morrer.

Com base na análise química do solo, detectou-se que 52% dos solos da região das Matas de Minas apresentaram teores de Ca muito bom (19%) e bom (33%). Contudo, por meio da análise foliar, constatou-se que 86% das lavouras apresentaram concentrações foliares de Ca deficientes (Figura 10), uma vez que a concentração foliar de Ca adequada para o cafeeiro, de acordo com Martinez et al. (1999), deve estar entre os valores de 1,00 a 1,40 dag de Ca por quilo de massa seca. Esse fato demonstra que só a análise de solos não é suficiente para uma boa recomendação nutricional, sendo, portanto, necessária também a realização anual da análise de folhas.

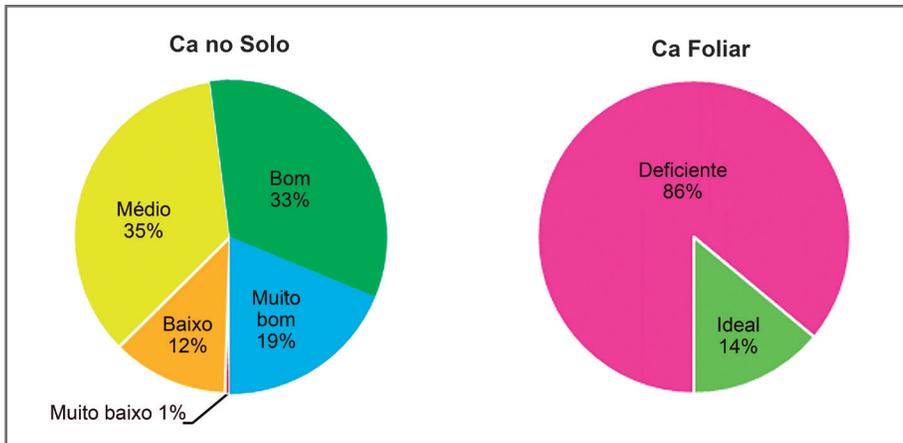


Figura 10. Percentual de lavouras classificadas conforme o teor de cálcio (Ca) no solo e a concentração foliar de Ca, na região das Matas de Minas.

O magnésio (Mg) no solo e foliar

O Mg exerce inúmeras funções na planta, principalmente no processo fotossintético, por ser componente da clorofila, pigmento fundamental para o processo de síntese dos hidratos de carbono e também responsável pela coloração verde de folhas, dos ramos e frutos novos do cafeeiro.

O Mg é altamente móvel na planta, assim os sintomas iniciais de deficiência ocorrem nas folhas mais velhas e naquelas mais próximas dos frutos, com o surgimento de clorose internerval, ou seja, o limbo foliar com manchas cloróticas e o amarelecimento entre as nervuras que permanecem verdes, o que a diferencia da deficiência de nitrogênio.

Com a severidade da deficiência, as manchas evoluem para amarelo-avermelhado e para a desfolha prematura, reduzindo assim a taxa de fotossintética e, conseqüentemente, o crescimento da planta e a sua produção. A deficiência se agrava com o início da granação, uma vez que o fruto é um forte drenador de Mg, e se torna mais evidente quando o fruto está na fase cereja. Normalmente, a deficiência de Mg ocorre nos períodos mais secos, nos plantios em solos naturalmente ácidos e pobres em Mg, e pode também ser induzida com a excessiva e contínua aplicação de adubos que acidificam o solo.

Com base na análise química do solo, observou-se que 44% dos solos na região das Matas de Minas apresentaram teor de magnésio médio 20% teor bom e 27% baixo teor. Já, com base na análise foliar, constatou-se que 53% das lavouras apresentaram concentrações foliares deficiente em Mg (Figura 11), sendo que a concentração foliar de Mg considerada adequada para o cafeeiro deve estar compreendida entre os valores de 0,31 a 0,36 dag de Mg por quilo de massa seca (Martinez et al., 1999). A forma de corrigir o pH e aumentar a concentração de Ca e Mg no solo é a realização de calagem com calcário com maior porcentagem de magnésio, por exemplo, calcário dolomítico que contém cerca de 12% MgO. Outra forma de elevar o teor de magnésio do solo é a aplicação de sulfato de magnésio, que contém de 6% a 16% de MgO.

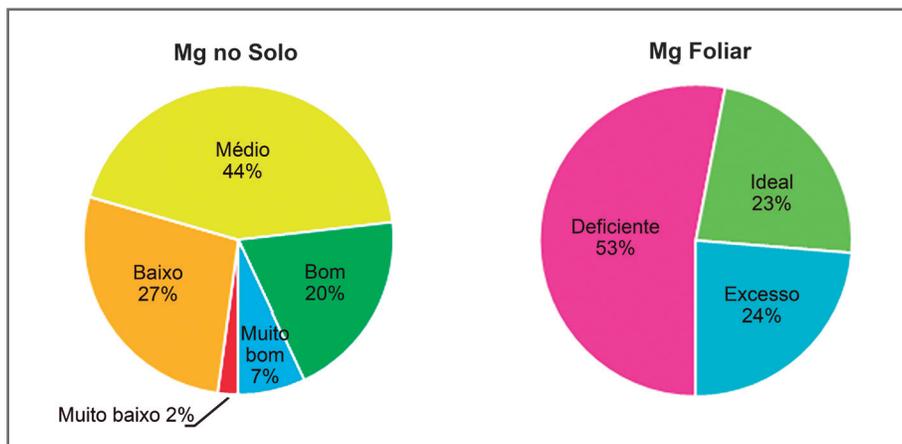


Figura 11. Percentual de lavouras classificadas conforme o teor de magnésio (Mg) no solo e a concentração foliar de Mg, na região das Matas de Minas.

O enxofre (S) foliar

O S participa da constituição dos aminoácidos, das funções estruturais em proteínas e diversas funções metabólicas, bem como da síntese de clorofila. A toxidez por enxofre reduz o crescimento e altera o formato da folha com amarelecimento internerval, com posterior queima. A deficiência de S no solo está associada, normalmente, aos baixos teores de matéria

orgânica, por ser uma excelente fonte de enxofre. O bom desenvolvimento das raízes também é dependente da nutrição equilibrada de S.

O S é um nutriente pouco móvel na planta, portanto os sintomas iniciais de deficiência ocorrem nas folhas mais novas, que se tornam verde-claras. Com o agravamento da carência, ocorre uma clorose generalizada que causa a desfolha e o encurtamento dos internódios da planta toda.

Com base na análise química foliar das lavouras da região das Matas de Minas, percebeu-se que 54% apresentaram concentrações foliares ideais de S e 30% em excesso (Figura 12), visto que, de acordo com Martinez et al. (1999), a concentração foliar de S considerada adequada para o cafeeiro está compreendida entre os valores de 0,15 a 0,20 dag de S por quilo de massa seca. Normalmente, os solos são capazes de suprir a necessidade de S. Nas áreas com excesso de S, deve-se ter cuidado com a adubação orgânica pelo fato de esse tipo de adubação ser importante fornecedor desse nutriente e, principalmente, com os adubos minerais que tenham enxofre, tais como o sulfato de amônio (24% de S), o sulfato de potássio (18% de S), sulfato duplo de potássio e magnésio (20% de S), superfosfato simples (12% de S), gesso (cerca de 12% de S), entre outros.

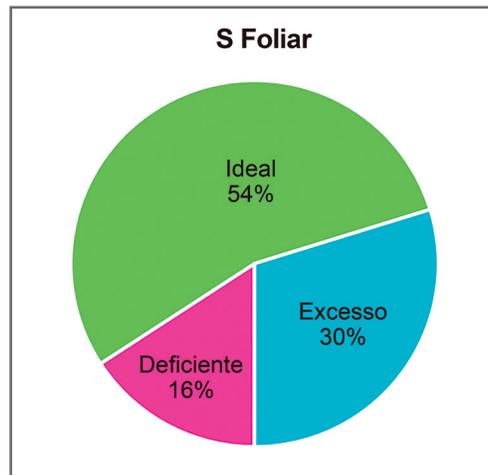


Figura 12. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de enxofre, na região das Matas de Minas.

O boro (B) foliar

O B possui estreita relação com o cálcio, pois, agindo em conjunto, esses dois nutrientes são importantes para as suas absorções e funções na planta. O B atua na alongação e divisão celular, sendo muito exigido para o constante desenvolvimento da planta, principalmente nas partes com intenso crescimento, como o ápice do ramo ortotrópico, dos ramos laterais e dos meristemas radiculares. Além disso, o B é importante para o crescimento do tubo polínico e a germinação do grão de pólen. O B interfere no crescimento das raízes, assim, quando a planta é nutrida adequadamente com B, ela tende a apresentar maior tolerância à seca.

O B é um dos micronutrientes que mais limita a produção do cafeeiro, e a sua falta pode ocorrer em função da lixiviação, da calagem excessiva e de doses excessivas de adubos nitrogenados que pode ser agravada nos períodos secos do ano. Por ser um nutriente imóvel na planta, os sintomas iniciais de deficiência de B ocorrem nas partes mais novas, ainda em crescimento. As folhas novas não crescem e ficam pequenas, retorcidas, com os bordos irregulares e limbo estreito. A deficiência de B também pode provocar o abortamento das flores e, conseqüentemente, queda de produção da lavoura. A deficiência mais severa pode ocasionar a morte das gemas apicais dos ramos ortotrópico e plagiotrópicos, bem como a superbrotação de várias gemas logo abaixo da gema apical e encurtamento dos internódios, formando um leque de folhas pequenas.

Com base na análise química foliar das lavouras da região das Matas de Minas, observou-se que 83% apresentaram concentrações foliares deficientes de B e apenas 17% concentrações ideais (Figura 13). A concentração foliar de B considerada adequada para o cafeeiro está compreendida entre os valores de 59 a 80 mg de B por quilo de massa seca (Martinez et al., 1999). A deficiência de B pode ser corrigida via solo por meio de adubos ou da adubação orgânica, já que a matéria orgânica é uma ótima fonte desse nutriente, bem como por meio de pulverizações foliares, conforme o recomendado por Guimarães et al. (1999).

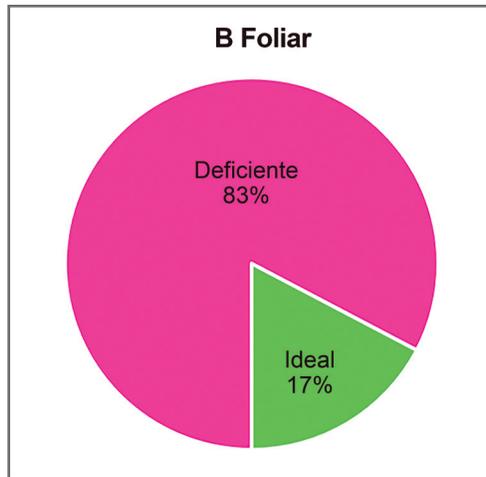


Figura 13. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de boro, na região das Matas de Minas.

O cobre (Cu) foliar

O cobre é um micronutriente essencial por participar da fotossíntese, ativar ou ser constituinte de enzimas e proteínas, ser regulador hormonal, participar do metabolismo de compostos secundários e ser necessário para o balanço de nutrientes responsáveis por regular a transpiração. Além disso, tem efeito auxiliar na resistência das plantas às doenças.

Esse é um micronutriente pouco móvel na planta, assim os sintomas de deficiência de Cu ocorrem inicialmente nas folhas jovens apresentando nervuras secundárias salientes, com aspecto de “costelas” e quebradiças. Em plantas novas, o limbo foliar pode encurvar para baixo, além disso manchas cloróticas podem surgir irregularmente distribuídas. Com a severidade da deficiência, as manchas cloróticas se concentram nas margens, se unem e se tornam necróticas. A toxidez por Cu se manifesta com o amarelecimento das folhas ao longo da nervura principal, morte das raízes e desfolha precoce da planta. Dentre os micronutrientes essenciais, a deficiência de Cu é a de diagnóstico mais difícil, em função da interferência de outros nutrientes, tais como, o P, Fe, MO, Zn e S.

Com base na análise química foliar das lavouras da região das Matas de Minas, observou-se que 56% delas apresentaram concentrações foliares ideal de Cu, com 25% em excesso (Figura 14), visto que a concentração foliar de Cu considerada como adequada para o cafeeiro, está entre os valores de 8 a 16 mg de Cu por quilo de massa seca (Martinez et al., 1999). A toxidez por Cu na planta pode ser consequência de seu acúmulo no solo em função do uso excessivo de produtos cúpricos usados no controle de doenças, como a ferrugem do cafeeiro.

A deficiência de Cu pode ser induzida pela elevada adubação nitrogenada ou fosfatada, calagem excessiva, alto teor de matéria orgânica e excesso de água no solo. O Cu é um micronutriente que, assim como o Zn, normalmente não é encontrado no solo em quantidades suficientes para a planta. Vale ressaltar que a aplicação foliar de fungicidas cúpricos para o controle da ferrugem e da cercosporiose é capaz de suprir as necessidades nutricionais de cobre do cafeeiro.

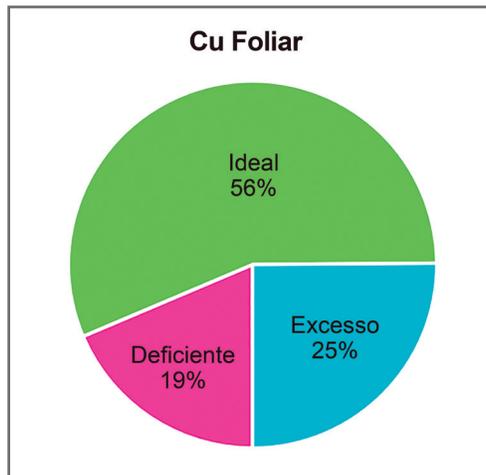


Figura 14. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de cobre, na região das Matas de Minas.

O zinco (Zn) foliar

Esse é um dos micronutrientes que mais limita a produção do cafeeiro, por participar da fotossíntese, respiração, síntese de proteínas e amidos e do controle hormonal. Dessa forma, o Zn interfere nas áreas de crescimento da planta, na germinação do tubo polínico, no pegamento da florada e no tamanho dos frutos.

O Zn é pouco móvel na planta. Desse modo, os sintomas iniciais de deficiência ocorrem primeiramente nas folhas novas. As folhas em expansão se tornam estreitas, retorcidas, coriáceas, quebradiças e ásperas ao tato. As nervuras se desenvolvem mais que o parênquima, ficando salientes no limbo foliar, com um fundo amarelo pálido realçado, porém as laterais da nervura principal permanecem na cor verde. A severidade da deficiência faz com que a clorose das folhas evolua para manchas púrpuras e os internódios encurtem fazendo com que as folhas pequenas se agrupem no ramo, formando um tufo, também conhecido como roseta. Plantas com alta carga e deficientes em Zn podem sofrer grande desfolha, acentuado acinturamento e morte dos ponteiros.

A partir da análise química foliar, constatou-se que 53% das lavouras na região das Matas de Minas apresentaram deficiência nas concentrações foliares de Zn (Figura 15), sendo que a concentração foliar de Zn considerada adequada para o cafeeiro, descrita por Martinez et al. (1999), está entre os valores de 8 mg a 16 mg de Zn por quilo de massa seca. A baixa absorção de Zn pelas plantas é comum em solos argilosos, uma vez que esse micronutriente fica facilmente retido no complexo de troca, em solos com excesso de calagem, em solos com elevado índice de lixiviação e naqueles com alta concentração de fósforo. No entanto, a correção da deficiência pode ser feita na implantação da lavoura com a aplicação de sulfato de zinco na cova ou sulco de plantio e, na lavoura em produção, com pulverização foliar de sulfato de zinco, conforme o recomendado para o cafeeiro por Guimarães et al. (1999).

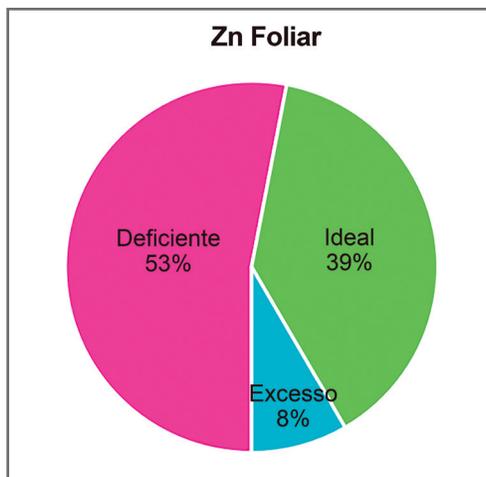


Figura 15. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de zinco, na região das Matas de Minas.

O ferro (Fe) foliar

O Fe é um importante nutriente para as plantas por ser um ativador de enzimas responsáveis pela formação da clorofila e por participar do processo de respiração, do processo de assimilação do N e S, da síntese de lignina e suberinas e do metabolismo de auxinas, importante fitormônio do crescimento.

Esse nutriente é considerado pouco móvel na planta, porém é um dos micronutrientes mais acumulados pelo cafeeiro, não pela sua exigência metabólica, mas pela alta disponibilidade de Fe nos solos. Dessa forma, os sintomas de deficiência aparecem primeiro em pares de folhas novas, que se tornam amarelas, porém as nervuras permanecem verdes, formando uma estreita faixa verde no entorno das nervuras, denominado reticulado fino. Com a severidade da deficiência, as folhas ficam transparentes como vidro (vitriificação) e retorcidas.

A disponibilidade do Fe para a planta está associada ao teor de argila e ao teor de matéria orgânica do solo, pois solos argilosos tendem a reter o Fe, tornando-o indisponível para a absorção. Já teores adequados de MO proporcionam o melhor aproveitamento desse nutriente pelas plantas em função das suas características acidificantes e redutoras, bem como a capacidade de formar quelatos em condições adversas de pH no solo. Em solos com a acidez elevada, a deficiência de Fe pode ocorrer em função do excesso de Mn, que diminui sua absorção por antagonismo. Nos solos muito drenados, pode ocorrer a deficiência de Fe quando ele está presente em uma forma não absorvível pela planta. Distúrbios como o amarelecimento das folhas novas ocorrem de forma frequente durante o período chuvoso e quente, quando ocorre rápida expansão da folha, sendo comum o aparecimento de sintomas de deficiência de Fe após podas drásticas. Esses distúrbios tendem a desaparecer com o tempo.

Nos viveiros, é comum ocorrer a deficiência de Fe nas mudas de café por causa do excesso de matéria orgânica no substrato, do encharcamento do solo e da falta de luz; logo, para restabelecer as condições normais de seu suprimento, é necessário maior controle das regas e da exposição ao sol.

Na análise química foliar das lavouras da região das Matas de Minas, constatou-se que 54% apresentaram concentrações foliares ideais de Fe, porém 33% estão com deficiência (Figura 16), visto que a concentração foliar de Fe considerada adequada para o cafeeiro está entre 90 mg a 180 mg de Fe por quilo de massa seca (Martinez et al., 1999). Em solos mal drenados, é comum ocorrer deficiência de Fe na planta, uma vez que o encharcamento excessivo induz a competição entre o Fe e o Mn. Além disso, a deficiência pode ser induzida pelo pH elevado e pelos altos teores de Cu, Mn e Zn nos solos.

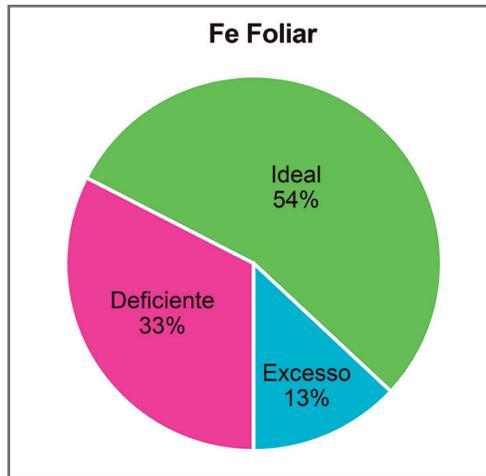


Figura 16. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de ferro, na região das Matas de Minas.

O manganês (Mn) foliar

O Mn é um micronutriente importante por participar da fotossíntese e da ativação de diversas enzimas, além de poder substituir o Mg em algumas enzimas. No cafeeiro, depois do Fe, o Mn é o micronutriente mais acumulado. Esse acúmulo não traduz uma grande exigência da planta, sendo mais comum ocorrer eventuais desequilíbrios mais em razão da deficiência do que do excesso, exceto em algumas partes da região das Matas de Minas, onde é comum ocorrer o excesso de Mn.

O Mn é considerado um nutriente pouco móvel na planta. Assim, os sintomas de sua deficiência aparecem inicialmente nas folhas novas, com o surgimento de manchas esbranquiçadas que se unem tomando-se de cor amarelada bem forte, com regiões internervais verde-claras. Já os sintomas de toxidez ocorrem nas folhas mais velhas, com o surgimento de manchas cloróticas de contorno irregular, que posteriormente se tornam necróticas.

Na análise química foliar das lavouras da região das Matas de Minas, observou-se que 44% das lavouras apresentaram concentrações foliares de Mn em excesso, 40% deficiente e somente 16% com concentração ideal (Figura 17), uma vez que a concentração foliar de Mn considerada adequada para o cafeeiro, descrita por Martinez et al. (1999), está compreendida entre os valores de 120 mg a 210 mg de Mn para cada quilo de massa seca. A toxidez por Mn é comum em solos ácidos, por aumentar sua disponibilidade, situação que pode, por antagonismo, afetar a absorção de Zn, ou seja, induzir a deficiência de Zn, fato este observado nos solos das lavouras cafeeiras da região das Matas de Minas. Por outro lado, solos muito arejados, com calagens excessivas e elevado teor de matéria orgânica, podem induzir a deficiência de Mn.

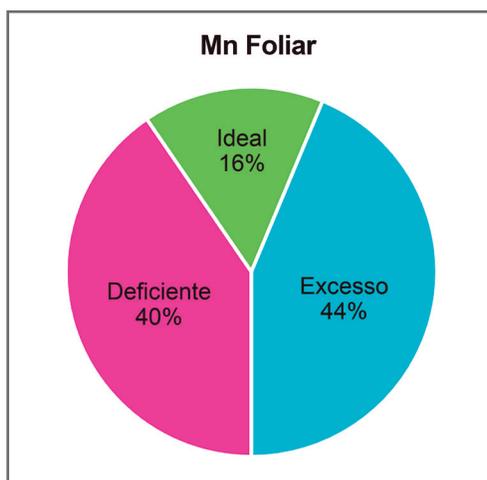


Figura 17. Percentual de lavouras classificadas conforme a concentração foliar de manganês, na região das Matas de Minas.

Considerações finais

A adubação, seja na implantação ou na condução de uma lavoura de café, é uma das etapas mais importantes para a obtenção de altas produtividades e produtos de qualidade. Porém, para que seja realizada corretamente, é necessário ter o conhecimento da disponibilidade dos nutrientes no solo e como eles estão sendo absorvidos pelas plantas. A análise realizada no presente trabalho expõe as reais condições nutricionais dos solos e das lavouras cafeeiras da região das Matas de Minas, sendo assim uma ótima ferramenta para orientar os cafeicultores dessa região a alcançar o potencial máximo produtivo em suas lavouras.

A partir dos resultados, pôde-se observar que nem sempre os nutrientes que estão no solo são assimilados pelas plantas, como observado nas avaliações do Ca no solo e nas folhas. Esse fato revela que não só a análise química do solo é suficiente para a obtenção de boa recomendação nutricional para a lavoura, mas sim a realização anual de análise química do solo e foliar, já que esta última revela o real estado nutricional das plantas.

De modo geral, os cafezais da região das Matas de Minas apresentam boa fertilidade em relação ao P e ao K, visto que a maioria das lavouras apresentaram teores destes nutrientes classificados como muito bom. Contudo, é necessário reavaliar o manejo da adubação, pois muitas lavouras apresentaram altas concentrações foliares de N, K, Mg e Mn e, muitas outras, baixas concentrações foliares de Mg, B e Zn, demonstrando que o desequilíbrio nutricional presente na região, fato este que pode afetar a produtividade, bem como a qualidade do café produzido na região das Matas de Minas.

Referências

- ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.
- GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C.; OLIVEIRA, J. A. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-168.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (ed.). **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, 1999. 359 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

Literatura recomendada

- ANDRADE, O. C. S. A. **O manual da cafeicultura**: do plantio à pós-colheita. Portal do cafeicultor, 2020. 236 p.
- CHAVES, J. C. D. **Manejo do solo**: Adubação e calagem, antes e após a implantação da lavoura cafeeira. Londrina: Iapar, 2002. 36 p. (IAPAR. Circular, 120).
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Café**. v. 6, Safra 2020, n. 4 - Quarto levantamento, Brasília, p. 1-45, dez. 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>. Acesso em: 20 jan. 2021.
- FAVARIN, J. L.; TEZOTTO, T.; NETO, A. P.; PEDROSA, A. W. Gestão para a qualidade da adubação do cafeeiro. In: PROCHONOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (org.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v. 3, p. 411-467.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S.; GARCIA, A. W. R. **Cultura de café no Brasil**: manual de recomendações. Varginha: Fundação Procafé. 2015. 585 p.
- 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 Coffea arábica L. Belo Horizonte: Emater-MG, 2016. 50 p.
- SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. 654 p.

Embrapa

Café



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

