

BOLETIM TÉCNICO Nº 8
MICRONUTRIENTES
FILOSOFIAS DE APLICAÇÃO E EFICIÊNCIA
AGRONÔMICA

Alfredo Scheid Lopes

Dezembro de 1999
ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos
São Paulo - SP



ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos

MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Lopes, Alfredo Scheid

Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agronômica /
Alfredo Scheid Lopes – São Paulo: ANDA, 1999.

58 p. (Boletim Técnico, 8)

Bibliografia.

1. Solo. 2. Fertilidade. 3. Micronutrientes. 4. Adubação. I. ANDA
Associação Nacional para Difusão de Adubos. II. Título. III. Série.

CDD-631.42
-631.8
-631.816



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

APRESENTAÇÃO

A agricultura brasileira, assim como as atividades silvipastoris passa por uma fase em que a busca da produtividade máxima econômica é de importância fundamental para que o homem do campo possa aumentar a eficiência dessas atividades, principalmente em decorrência da maior exigência pela competitividade da globalização da economia.

Nesse contexto, dentre os vários fatores de produção, cada vez mais, ocupa lugar de destaque a necessidade do uso de uma adubação equilibrada, que deve incluir não apenas os macronutrientes primários e secundários, mas também os micronutrientes, os quais, até bem pouco tempo, não eram considerados na rotina das adubações pela maioria dos agricultores.

Dando continuidade à publicação da série de boletins técnicos, a ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, tem a satisfação de apresentar o Boletim Técnico nº 8: Micronutrientes – Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica, de autoria de seu Consultor Técnico, Professor Alfredo Scheid Lopes, Professor Emérito do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

Nesse boletim são apresentadas, de forma clara e concisa, informações sobre filosofias de aplicação de micronutrientes, fontes, critérios para interpretação de análise do solo e foliar, métodos de aplicação, efeito residual, fatores que afetam a disponibilidade e eficiência agronômica, além de recomendações de doses para as mais diversas culturas.

Acreditamos que o uso inteligente das informações contidas nesse boletim, permitirá aos profissionais que atuam na área agrisilvipastoril contribuir para ampliar a produção, a produtividade e a sustentabilidade dos sistemas produtivos, além de aumentar a competitividade brasileira no mercado globalizado.

Carlos Alberto Pereira da Silva
Diretor
ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	7
2 – FILOSOFIAS DE APLICAÇÃO.....	7
2.1 – Filosofia de segurança	8
2.2 – Filosofia de prescrição	8
2.3 – Filosofia de restituição.....	9
3 – FONTES DE MICRONUTRIENTES.....	9
4 – MÉTODOS DE APLICAÇÃO.....	11
4.1 – Aplicação via solo.....	11
4.1.1 – Misturas de fontes de micronutrientes com misturas de grânulos NPK.....	12
4.1.2 – Incorporação em misturas granuladas, fertilizantes granulados e fertilizantes simples.....	14
4.1.3 – Revestimento de fertilizantes NPK.....	15
4.1.4 – Aplicação via adubação fluida e fertirrigação.....	17
4.2 – Adubação foliar	19
4.3 – Tratamento de sementes	22
4.4 – Aplicação em raízes de mudas	22
5 – EFEITO RESIDUAL	23
6 – FATORES QUE AFETAM A DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES.....	25
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
8 – LITERATURA CITADA	29
9 – APÊNDICE	33



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

ÍNDICE DAS TABELAS

Tabela 1: Principais alterações de eficiência agronômica de algumas fontes de micronutrientes quando incorporados a fertilizantes simples, misturas granuladas e fertilizantes granulados	15
Tabela 2: Produção e concentração de Zn em ervilha em função de fontes de Zn e métodos de aplicação com fertilizante NPK	16
Tabela 3: Informação sobre solubilidade de várias fontes de micronutrientes geralmente usadas para preparar soluções de fertilizantes fluidos e/ou para aplicação via fertirrigação.....	18
Tabela 4: Doses, número e época de aplicações foliares de Mn na cultura do milho.....	20
Tabela 5: Rendimento de grãos de milho, em função de métodos de aplicação de zinco - dados do 1º ano	20
Tabela 6: Rendimento de grãos de milho, em função de métodos de aplicação de zinco - dados do 3º ano	21
Tabela 7: Efeito residual de micronutrientes para diversas situações de fontes, modos de aplicação, tipo de solo e culturas	23
Tabela 8: Rendimento de grãos de soja, em função de métodos de aplicação de cobre.....	24
Tabela 1A: Níveis de fertilidade para interpretação de análises de solos para micronutrientes em uso nos laboratórios de Minas Gerais	33
Tabela 2A: Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para o Estado de São Paulo	33
Tabela 3A: Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina	34
Tabela 4A: Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para a região dos cerrados	34
Tabela 5A: Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para cereais, essências florestais, estimulantes e fibrosas	35
Tabela 6A: Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para forrageiras e frutíferas	36
Tabela 7A: Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para hortaliças	37
Tabela 8A: Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para várias culturas (leguminosas de grãos, oleaginosas, ornamentais, sacarinas e amiláceas).....	38
Tabela 9A: Exigências de micronutrientes (boro, cloro, cobalto e cobre) para produção das principais culturas.....	39



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 10A: Exigências de micronutrientes (ferro, manganês, molibdênio e zinco) para produção das principais culturas	40
Tabela 11A: Fertilizantes com micronutrientes (boro e cobre) comercializados no Brasil Extrato da legislação vigente	41
Tabela 12A: Fertilizantes com micronutrientes (ferro e manganês) comercializados no Brasil. Extrato da legislação vigente	42
Tabela 13A: Fertilizantes com micronutrientes (molibdênio, zinco e cobalto) comercializados no Brasil. Extrato da legislação vigente	43
Tabela 14A: Doses de micronutrientes a serem aplicados na cultura do cafeeiro, em função de sua disponibilidade para cada classe de fertilidade e extrator utilizado	44
Tabela 15A: Doses de micronutrientes para a cultura do algodão, arroz de terras altas na região dos cerrados, milho e soja	45
Tabela 16A: Recomendações de adubação com micronutrientes para o Estado de Goiás	46
Tabela 17A: Recomendações de adubação com micronutrientes para o Estado de Minas Gerais	48
Tabela 18A: Recomendações de adubação foliar e do solo para algumas culturas nos Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina	51
Tabela 19A: Recomendações de adubação com micronutrientes (cereais, estimulantes, fibrosas, frutíferas) para o Estado de São Paulo	52
Tabela 20A: Recomendação de adubação (hortaliças, leguminosas e oleaginosas, ornamentais e flores, raízes e tubérculos, outras culturas industriais) com micronutrientes para o Estado de São Paulo	54
Tabela 21A: Recomendação de adubação (florestais e forrageiras) com micronutrientes para o Estado de São Paulo	56
Tabela 22A: Recomendação de adubação foliar com micronutrientes para algumas culturas	57



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

MICRONUTRIENTES: Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

*Alfredo Scheid Lopes **

1. INTRODUÇÃO

A agricultura brasileira passa por uma fase em que a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos produtivos são aspectos da maior relevância. Nesse contexto, os micronutrientes, cuja importância é conhecida há décadas, apenas mais recentemente passaram a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações em várias regiões e para as mais diversas condições de solo, clima e culturas no Brasil.

Os principais motivos que despertaram o maior interesse pela utilização de fertilizantes contendo micronutrientes no Brasil foram: a) o início da ocupação da região dos cerrados, formada por solos deficientes em micronutrientes, por natureza; b) o aumento da produtividade de inúmeras culturas com maior remoção e exportação de todos os nutrientes; c) a incorporação inadequada de calcário ou a utilização de doses elevadas acelerando o aparecimento de deficiências induzidas; d) o aumento na proporção de produção e utilização de fertilizantes NPK de alta concentração, reduzindo o conteúdo incidental de micronutrientes nesses produtos; e, e) o aprimoramento da análise de solos e análise foliar como instrumentos de diagnose de deficiências de micronutrientes.

As fontes de micronutrientes variam de modo considerável na sua forma física, reatividade química, custo e eficiência agronômica. Esse último aspecto, que integra os demais, é resultado, também, das doses utilizadas, da filosofia de aplicação, dos métodos de fabricação e aplicação e do efeito residual das várias fontes.

Este trabalho é parte do esforço que está sendo desenvolvido no país sobre o uso eficiente de micronutrientes e procura sintetizar, sob a forma de tradução e adaptação, as partes mais relevantes de duas publicações envolvendo aspectos básicos sobre o tema (Mortvedt, 1991; Martens e Westermann, 1991), acrescidas de dados pertinentes obtidos pela pesquisa brasileira.

2. FILOSOFIAS DE APLICAÇÃO

Existem três filosofias básicas para aplicação de micronutrientes que vêm sendo utilizadas no Brasil: filosofia de segurança, filosofia de prescrição e filosofia de restituição.

* Engº Agrº, MSc, PhD, Professor Emérito do Deptº de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, MG e Consultor Técnico da ANDA



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

2.1. Filosofia de segurança A filosofia de segurança foi a mais utilizada no passado, principalmente no fim da década de 60 e início dos anos 70, quando do início da incorporação da região dos cerrados no processo produtivo. Por princípio, essa filosofia não utiliza dados de análise de solos e análise de plantas e são recomendados, geralmente, mais de um ou todos micronutrientes levando em conta possíveis problemas de deficiência em uma região, tipo de solo ou cultura específica.

Vários estados, em seus boletins de recomendação de adubação, utilizaram no passado essa filosofia. Cita-se, como exemplo, o Estado de Goiás cuja recomendação para cultura de grãos é de 6 kg de Zn/ha, 1 kg de Cu/ha, 1 kg de B/ha e 0,25 kg de Mo/ha, com distribuição a lanço e repetição a cada 4 ou 5 anos (Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás, 1988). No sulco de plantio, a recomendação é de $\frac{1}{4}$ dessas doses, repetidas por 4 anos. Volkweiss (1991) cita, como outros exemplos dessa filosofia, a recomendação de boro nas culturas de alfafa no Rio Grande do Sul (Rolas, 1981), do algodoeiro em solos arenosos de São Paulo (Raij et al., 1985), de Zn na região dos cerrados e para adubação de pastagens em São Paulo (Werner, 1984).

Em culturas de alto valor, como hortaliças e frutíferas, onde os custos de adubação com micronutrientes são insignificantes em relação ao valor da produção, muitos agricultores, ainda hoje, usam a adubação de segurança, incluindo vários ou todos os micronutrientes.

2.2. Filosofia de prescrição A filosofia de prescrição vem, aos poucos, substituindo a filosofia de segurança para um número considerável de casos de recomendações oficiais de micronutrientes para as mais diferentes regiões e condições de solo, clima e culturas.

Análise do solos e/ou de tecidos de plantas, devidamente calibradas através de ensaios de campo, são preferentemente utilizadas nesse sistema para avaliar a disponibilidade e definir doses de micronutrientes que proporcionem o máximo retorno econômico ao agricultor (Volkweiss, 1991).

Através da filosofia de prescrição, as recomendações são mais equilibradas e de certa forma protegem contra os antagonismos que possam vir a ocorrer na nutrição mineral das plantas, como resultado de relações não balanceadas no solo e nas plantas.

Um exemplo da combinação da filosofia de segurança com a de prescrição é a utilizada para construção da fertilidade do solo com micronutrientes na cultura da soja, tomando por base a necessidade ditada pela análise foliar e aplicando-se as seguintes doses: 4 a 6 kg de Zn/ha, 0,5 a 1 kg de B/ha, 0,5 a 2,0 kg de Cu/ha, 2,5 a 6 kg de Mn/ha, 50 a 250 g de Mo/ha e 50 a 250 g de Co/ha, aplicados a lanço e com efeito residual para pelo menos cinco anos. Para aplicação no sulco, é recomendável $\frac{1}{4}$ dessas doses repetidas por 4 anos consecutivos. No caso do Mo e Co, recomenda-se, ainda, o tratamento das sementes com as doses de 12 e 25 g de Mo/ha e 1 a 5 g de Co/ha, com produtos de alta solubilidade (EMBRAPA-CNPSO, 1996).

Exemplos recentes de adoção da filosofia de prescrição, em recomendações oficiais de adubação em vários estados, utilizando dados de análise de solo e às vezes de análise foliar são encontrados em várias publicações (Cavalcanti, 1998, Pernambuco; Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás, 1988; Lopes e Guimarães, 1989, Minas Gerais; Prezotti, 1992, Espírito Santo; Comissão de Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1994; Raij et al., 1996, São Paulo).



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Segundo Volkweiss (1991), a filosofia de prescrição é o sistema ideal do ponto de vista econômico, de segurança para o agricultor e de uso racional de recursos naturais, como são os micronutrientes. Contudo, para sua utilização, é necessária uma sólida base experimental referente a seleção ou desenvolvimento e calibração de métodos de análises de solos ou de plantas.

Com a finalidade de permitir ao técnico que presta assistência aos agricultores implementar a filosofia de prescrição, são apresentados, no apêndice, os critérios para interpretação de análise de solos para micronutrientes em uso em vários estados (Tabela 1A - Minas Gerais; Tabela 2A – São Paulo; Tabela 3A – Rio Grande do Sul/Santa Catarina; Tabela 4A – Região dos cerrados), e também de teores foliares adequados para as mais diferentes culturas (Tabela 5A – cereais, essências florestais, estimulantes e fibrosas; Tabela 6A – forrageiras e fruteiras; Tabela 7A – hortaliças; Tabela 8A – leguminosas de grãos, oleaginosas, ornamentais, sacarinas e amiláceas).

2.3. Filosofia de restituição. Essa filosofia de aplicação vem sendo cada vez mais utilizada, principalmente nas áreas que têm atingido altos tetos de produtividade e intensificação de problemas de deficiência de micronutrientes, pelas altas taxas de exportação obtidas.

A combinação ideal para se atingir bases sólidas de diagnose e recomendação de micronutrientes seria a integração da filosofia de prescrição com a filosofia de restituição, ou seja, utilizar dados de experimentos de calibração de métodos de análise de solos e de plantas e variação das doses a serem aplicadas em função dos tetos de produtividade e exportação para as mais diversas culturas. Esses aspectos devem merecer prioridade de pesquisa futura sobre o assunto.

Um fator que pode ser considerado limitante na implementação da filosofia de restituição para micronutrientes é a quase total falta de trabalhos científicos procurando estabelecer taxas de eficiência das diversas fontes e modos de aplicação para os mais diferentes tipos de solos, climas e culturas no Brasil.

Mesmo que se possam estimar possíveis exportações de quantidades de micronutrientes, por tonelada produzida, por exemplo, em função de tetos de produtividade com base nos dados existentes, sumariados no apêndice, na Tabela 9A (boro, cloro, cobalto e cobre) e Tabela 10A (ferro, manganês, molibdênio e zinco), ainda ficam em aberto as doses adequadas das diversas fontes para que essa necessidade seja repostas.

3. FONTES DE MICRONUTRIENTES

As fontes de micronutrientes utilizadas na agricultura têm sido descritas em detalhes em várias publicações relativamente recentes no Brasil (Lopes, 1984; Lopes, 1991; Volkweiss, 1991) e no exterior (Hignett e McClellan, 1985; Mortvedt, 1991; Martens e Westermann, 1991). O trabalho de Mortvedt (1999) é uma excelente síntese sobre o agrupamento dessas fontes.

Em geral as fontes de micronutrientes são agrupadas em fontes inorgânicas, quelatos sintéticos, complexos orgânicos e óxidos silicatados (“fritas”).



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

As fontes inorgânicas incluem sais metálicos com sulfatos, cloretos e nitratos, que são solúveis em água, os óxidos, carbonatos e fosfatos, que são insolúveis em água e os oxi-sulfatos, que se constituem em subprodutos com maior ou menor grau de solubilidade em água, dependendo das quantidades de H_2SO_4 utilizadas na solubilização dos óxidos. A solubilidade em água é um fator determinante da eficiência agronômica no curto prazo, para aplicações localizadas em sulco e produtos na forma granulada. Dentre as fontes de boro, bórax, solubor, ácido bórico e boratos fertilizantes são solúveis em água, enquanto a colemanita é medianamente solúvel e a ulexita é insolúvel em água. Molibdatos de sódio e de amônio são solúveis em água e o óxido de molibdênio é insolúvel.

Os quelatos sintéticos são formados pela combinação de um agente quelatizante com um metal através de ligações coordenadas. A estabilidade da ligação quelato-metal determina, geralmente, a disponibilidade do nutriente aplicado para as plantas. Os quelatos são geralmente bastante solúveis, mas, diferentemente dos sais simples, dissociam-se muito pouco em solução, isto é, o ligante tende a permanecer ligado ao metal. Esse fato é a principal vantagem dos quelatos, pois permite que Cu, Fe, Mn e Zn permaneçam em solução em condições que normalmente se insolubilizariam como em soluções concentradas com reação neutra ou alcalina (pH 7,0 ou maior) e em solos calcários (Volkweiss, 1991). Esse é um aspecto da maior importância para a tomada de decisão quanto a fonte a ser aplicada e quando se pretende uma alta eficiência agronômica da aplicação via solo em áreas que, por qualquer motivo, estejam na faixa de pH acima de 6,0 e/ou saturação por bases acima de 70%, por exemplo.

Um quelato eficiente é aquele no qual a taxa de substituição do micronutriente quelatizado por cátions do solo é baixa, mantendo, conseqüentemente, o nutriente aplicado nessa forma de quelato por tempo suficiente para ser absorvido pelas raízes das plantas (Lopes, 1991).

Os principais agentes quelatizantes utilizados na fabricação de fontes de micronutrientes são: ácido etilenodiaminotetraacético (EDTA), ácido N(hidroxietyl)etilenodiaminotetraacético (HEDTA), ácido dietilenotriaminopentaacético (DTPA), ácido etilenodiamino (o-hidrofenoil acético) (EDDHA), ácido nitrilo acético (NTA), ácido glucoheptônico e ácido cítrico. O mais comum é o EDTA.

Segundo Mortvedt (1999), a eficiência relativa, para as culturas, dos quelatos aplicados ao solo pode ser de duas a cinco vezes maior por unidade de micronutriente do que as fontes inorgânicas, enquanto o custo do quelato por unidade de micronutriente pode ser de cinco a cem vezes mais alto. Esse aspecto constitui-se em uma limitação ao uso desses produtos para culturas de baixo valor agregado.

Os complexos orgânicos são produzidos pela reação de sais metálicos com subprodutos orgânicos da indústria de polpa de madeira e outros. A estrutura química desses agentes complexantes, assim como o tipo de ligação química dos metais com os componentes orgânicos, ainda não são bem caracterizados.

As “fritas” são produtos vítreos cuja solubilidade é controlada pelo tamanho das partículas e por variações na composição da matriz. São obtidas pela fusão de silicatos ou fosfatos com uma ou mais fontes de micronutrientes, a aproximadamente $1000^\circ C$, seguido de resfriamento rápido com água, secagem e moagem (Mortvedt e Cox, 1985). Por serem insolúveis em água, as “fritas” são mais eficientes se aplicadas na forma de pó fino, a lanço com incorporação, em solos mais arenosos e sujeitos a altos índices pluviométricos e altas taxas de lixiviação. Existem disponíveis no mercado,



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

“fritas” com as mais variadas combinações de composição de micronutrientes, passíveis de utilização para implementação das filosofias de segurança, de prescrição e de restituição.

Um resumo das diferentes fontes de micronutrientes comercializados no Brasil é apresentado na Tabelas 11A (boro e cobre); Tabela 12A (ferro e manganês); e Tabela 13A (molibdênio, zinco e cobalto) do apêndice.

4. MÉTODOS DE APLICAÇÃO

Uma vez estabelecida a necessidade de aplicação de micronutrientes, é necessário determinar qual(is) o(s) método(s) de aplicação que seria(m) mais recomendável(is) para cada caso.

Esse é um problema dos mais complexos, pois a eficiência dos diversos métodos de aplicação está intimamente relacionada com diversos fatores, com destaque para: fontes, tipo de solo, pH, solubilidade, efeito residual, mobilidade do nutriente e cultura, dentre outros.

Esses aspectos foram amplamente discutidos por Lopes (1991) e Volkweiss (1991) e os conceitos e princípios apresentados sobre o tema, naquela época, são aplicáveis até hoje. Dentre os vários métodos de aplicação de micronutrientes destacam-se: a adubação, via solo, incluindo adubação fluida e fertirrigação, a adubação foliar, o tratamento de sementes e o tratamento de mudas.

O enfoque a ser dado nessa parte do trabalho é complementar ao já discutido por Lopes (1991) e Volkweiss (1991), procurando estabelecer bases sólidas para a tomada de decisão, tanto quanto possível consubstanciada nos poucos dados de experimentos conduzidos no Brasil, onde se estuda o problema de forma abrangente, sistêmica e incluindo a avaliação do efeito residual.

4.1. Aplicações via solo. Segundo Volkweiss (1991), com a aplicação de micronutrientes, via solo, busca-se aumentar sua concentração na solução, que é onde as raízes os absorvem, e assim, proporcionar maior eficiência de utilização pelas plantas. É, portanto, necessário que as fontes de micronutrientes utilizadas se solubilizem no solo no mínimo em velocidade compatível com a absorção pelas raízes e que sejam aplicadas em posição possível de ser por elas atingida, um vez que os micronutrientes são geralmente pouco móveis no solo.

As variações das aplicações de micronutrientes, via solo, são as seguintes:

- a) A lanço com incorporação: em que os micronutrientes são distribuídos uniformemente na superfície do solo, isoladamente ou em misturas NPK, e a seguir incorporados pelas práticas normais de preparo (aração e gradagem). É o caso da aplicação de micronutrientes em áreas de culturas anuais sob agricultura convencional, pastagens em formação, quando do uso de adubações corretivas com micronutrientes.
- b) A lanço sem incorporação: em que os micronutrientes são distribuídos uniformemente na superfície do solo, isoladamente ou em misturas NPK, mas não são incorporados. Este é o caso de aplicações em áreas de plantio direto, pastagens formadas, ou mesmo culturas perenes já formadas.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- c) Em linhas: em que os micronutrientes são aplicados com semeadeiras-adubadeiras na linha de semeadura, isoladamente ou em misturas NPK, ao lado e abaixo das sementes, em geral, junto com a adubação NPK.
- d) Em covas ou valetas de plantio: em que os micronutrientes são incorporados ao material de solo das covas ou valetas de plantio, isoladamente ou em misturas NPK, e normalmente são empregados para culturas perenes.

Nas aplicações, via solo, os fertilizantes tanto podem ser distribuídos na forma sólida da adubação tradicional, como podem ser diluídos em água formando soluções ou suspensões para utilização como adubação fluida e fertirrigação.

Em todos os casos de aplicação de micronutrientes, via solo, na forma sólida e isolada, existem problemas quanto à uniformidade de distribuição, em função das pequenas quantidades empregadas (poucos kg/ha), sendo o problema tanto maior quanto maior for a concentração de micronutrientes nas diversas fontes.

Com a finalidade de aumentar a uniformidade de distribuição, visando à maior eficiência dos micronutrientes para as mais diversas culturas, algumas alternativas de manejo têm sido sugeridas tais como:

- 1- Diluição intencional da fontes de micronutrientes com solo, calcário, fosfatos, ou outro material inerte, sendo crucial, para evitar a segregação no momento da aplicação, que haja compatibilidade em granulometria do fertilizante contendo micronutrientes e o material utilizado na diluição intencional.
- 2- Aumento das doses para distribuição a lanço, com ou sem incorporação, para facilitar a distribuição uniforme, utilizando as vantagens do efeito residual de alguns micronutrientes (principalmente aqueles que fornecem cobre e zinco) que pode atingir 5 ou mais anos, como será apresentado no tópico sobre efeito residual.
- 3- Mistura das fontes de micronutrientes, em geral granulados, com fertilizantes simples, mistura de grânulos, misturas granuladas ou fertilizantes granulados, para aplicações a lanço ou em linha, sendo fundamental a uniformidade de granulometria dos diversos componentes.
- 4- Incorporação de fontes de micronutrientes em misturas granuladas e fertilizantes granulados de modo que cada grânulo carregue o NPK, se for o caso, e também os micronutrientes.
- 5- Revestimento de fertilizantes simples, misturas de grânulos, misturas granuladas e fertilizantes granulados com fontes de micronutrientes, de modo que cada grânulo carregue também os micronutrientes.

Em função do aumento da intensidade de uso e devido às interações positivas e negativas que podem ocorrer durante o processamento e que podem afetar a eficiência agronômica dos micronutrientes, comentários adicionais sobre algumas dessas alternativas, apresentando-se, inclusive as vantagens e desvantagens comparativas entre as mesmas, são feitas a seguir:

4.1.1. Misturas de fontes de micronutrientes com mistura de grânulos NPK. Essa é uma das formas mais utilizadas de aplicação de micronutrientes na agricultura brasileira. A principal vantagem desse produto é que as fontes de micronutrientes podem ser misturadas com produtos contendo NPK para obter fórmulas específicas que irão atender às recomendações tanto de doses de NPK quanto de micronutrientes. É, portanto, um produto que pode atender à adoção da filosofia de prescrição.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

A mistura das várias fontes, nesse caso, deve ser feita tão próxima ao período de aplicação quanto possível e o tempo de mistura deve ser mais longo do que para misturas envolvendo apenas o NPK, para garantia de obtenção de mistura a mais uniforme possível.

O principal problema encontrado com a aplicação de micronutrientes em misturas de grânulos é que pode ocorrer segregação durante a mistura, e subseqüentemente durante o manuseio e aplicação (Mortvedt, 1991). Vários estudos têm demonstrado que a principal causa da segregação é a diferença de tamanho de partículas, embora a forma dessas e a densidade também tenham algum efeito (Silverberg, Young e Hoffmeister, 1972).

A importância da uniformidade do tamanho dos grânulos para evitar a segregação durante a mistura, manuseio e aplicação foi detalhadamente comentada por Lopes (1991), mas misturas de grânulos incluindo micronutrientes permanecerão bem misturadas, com materiais de semelhante tamanho que não se deteriorem durante o armazenamento (Mortvedt, 1991). A maioria dos possíveis problemas de segregação que interfere na eficiência agronômica das fontes de micronutrientes resulta do uso de materiais microcristalinos, ou mesmo granulados, em tamanho não compatível com as fontes NPK.

Outro tipo de problema de aplicação de micronutrientes nesses tipos de misturas é que, mesmo com uniformidade de tamanho de grânulos, a mistura de grânulos com micronutrientes granulados diminui o número de locais que recebe o micronutriente no solo. Por exemplo, o número de locais que recebe os grânulos pode ser menor que 20 por m² quando se aplica ZnSO₄ da dose de 1 kg de Zn/ha. Em contraste, se o ZnSO₄ for incorporado em uma mistura granulada ou fertilizante granulado, ou aplicado como revestimento de fertilizantes NPK para conter 2% de Zn, o número de pontos que receberia os grânulos seria de 350 por m², na aplicação da mesma dose. Como o zinco é um micronutriente que se movimenta por difusão, ou seja, para pouco mais de alguns milímetros do ponto de aplicação, depreende-se que a uniformidade de aplicação e a eficiência de absorção são muito maiores no segundo caso.

Cita-se também que aplicações de bórax (Na₂B₄O₇·10H₂O) granulado resulta também em altas concentrações de boro no solo próximo ao local do grânulo, o que poderia ser tóxico para as raízes de plantas próximas, no caso de algumas espécies sensíveis (Mortvedt e Orborn, 1965).

Outro aspecto que deve ser levado em consideração para seleção de fontes granuladas de micronutrientes para serem utilizadas em misturas de grânulos, é a solubilidade em água. Segundo Mortvedt (1991), a disponibilidade, para as plantas, de óxidos insolúveis em água diminui com o aumento de tamanho de partículas pela diminuição da superfície específica. Enquanto ZnO insolúvel e ZnSO₄ solúvel em água deram respostas semelhantes para o milho, como fontes de Zn, quando aplicados na forma de pó e misturados ao solo, o ZnO granulado foi completamente ineficiente e o ZnSO₄ também granulado foi uma fonte satisfatória em experimento de casa de vegetação (Allen e Terman, 1966). Dados de campo com feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) mostraram que ZnO granulado foi ineficiente como fonte de Zn (Judy et al., 1964).

Mortvedt (1991) cita uma série de trabalhos mostrando que MnO granulado foi ineficiente para aveia (*Avena sativa* L.) (Mortvedt, 1984), milho (*Zea mays*, L.) (Miner, Traore e Tucker, 1986) e soja (Mascagni e Cox, 1985).

Uma alternativa para aumentar a eficiência dos óxidos granulados é o ataque prévio com H₂SO₄ para obter os chamados oxi-sulfatos. A utilização desses oxi-sulfatos granulados em mistura de grânulos exigirá uma atenção especial



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

para o nível ou teor de micronutrientes solúveis em água nesses subprodutos para assegurar que quantidades suficientes de micronutrientes sejam imediatamente disponíveis para as plantas. Segundo Mortvedt (1992), cerca de 35 a 50% do Zn total no oxi-sulfato de Zn granulado devem estar na forma solúvel para serem imediatamente disponíveis para as plantas. Resultados semelhantes devem ser esperados com oxi-sulfatos de Mn e possivelmente com “fritas” aciduladas.

4.1.2. Incorporação em misturas granuladas, fertilizantes granulados e fertilizantes simples A incorporação de fontes de micronutrientes em misturas granuladas e fertilizantes granulados vem ocupando, cada vez mais, lugar de destaque na agricultura brasileira. Esse processo incorpora os micronutrientes de forma uniforme nos grânulos e com isso os principais problemas de micronutrientes granulados misturados em misturas de grânulos, quais sejam, a possibilidade de segregação e a diminuição de número de pontos que iria receber o micronutriente, são eliminados.

Entretanto, a própria natureza do processo de granulação para obtenção de misturas granuladas e fertilizantes granulados, notadamente neste último pelas condições de alta temperatura, umidade e aumento das reações químicas, pode levar a alterações das características e eficiência agronômica das fontes de micronutrientes incorporadas. Este aspecto foi amplamente estudado para diversos produtos no exterior, sendo pouquíssimos aqueles trabalhos desenvolvidos no Brasil.

Mortvedt (1991) apresenta uma ampla revisão de literatura sobre o assunto, sendo as principais conclusões resumidas na Tabela 1.

A aplicação localizada (em sulcos) de fontes de Mn com fertilizantes formadores de ácidos, como o superfosfato simples, é uma prática recomendada. O Mn aplicado permanece disponível para as plantas por um período mais longo na faixa ácida antes de sofrer oxidação para formas não disponíveis (Mortvedt, 1991).

Os efeitos da fonte de P na absorção de Mn estão relacionados ao pH do fertilizante fosfatado. A absorção de Mn pela soja [*Glycine max* (L.) Merr.] aumentou à medida que o pH do fertilizante aumentou de 1,2 com $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, para 3,7 no MAP, mas diminuiu com o pH do fertilizante atingindo 7,2 no DAP. Nesse estudo, o movimento do Mn no solo para fora da faixa de aplicação do fertilizante também diminuiu com o aumento do pH, não sendo detectável acima de pH 5,8 (Miner, Traore e Tucker, 1986).

Efeitos de incorporação de fontes de Cu e Fe em fertilizantes NPK têm sido menos estudados. Entretanto, as reações de fertilizantes contendo Cu devem ser semelhantes às dos fertilizantes contendo Zn e as reações de fontes de Fe devem ser semelhantes às das fontes de Mn. Tanto os sais de Fe^{2+} como os de Mn^{2+} não parecem oxidar rapidamente nos fertilizantes NPK, sob condições usuais de composição, pH e temperatura (Lehr, 1972). Não obstante, essa oxidação deve ocorrer após a dissolução inicial desses produtos quando aplicados ao solo.

A incorporação de fontes de B em fertilizantes NPK é freqüentemente praticada. A disponibilidade do B incorporado não foi afetada pelo método de incorporação, aparentemente porque os compostos de B não reagem quimicamente com a maioria dos fertilizantes NPK. Entretanto, a absorção de B pelas plantas apresentou boa correlação com o teor de B solúvel em água nesses fertilizantes (Mortvedt, 1968).

A colemanita ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) e o borato fertilizante ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7\cdot 5\text{H}_2\text{O}$) foram igualmente eficientes para algodão (*Gossypium hirsutum* L.) e girassol (*Helianthus annuus* Mill.) quando incorporados com fertilizantes NPK (Rowell e



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Grant, 1975). Tanto a colemanita (solubilidade moderada) quanto as “fritas” com B (baixa solubilidade) foram superiores aos boratos fertilizantes (solubilidade total em água) para algodoeiro em solos arenosos sob condições de alta pluviosidade (Page, 1956, citado por Mortvedt, 1991).

Tabela 1. Principais alterações de eficiência agronômica de algumas fontes de micronutrientes quando incorporadas a fertilizantes simples, misturas granuladas e fertilizantes granulados. Fonte: Adaptado de Mortvedt (1991).

Fontes	Misturado ou incorporado em:	Resultados	Referência original
ZnEDTA	Mistura com H ₃ PO ₄ antes da amoniação	Decomposição ácida do quelato e menor disponibilidade de Zn	Ellis et al. (1965)
ZnEDTA	Mistura com H ₃ PO ₄ após a amoniação	Não decomposição ácida do quelato e maior disponibilidade de Zn	Brinkerhoff et al. (1966)
ZnSO ₄ ou ZnO	Incorporação em ortofosfatos amoniados	Baixa disponibilidade de Zn para as plantas	Mortvedt e Giordano, (1969)
ZnEDTA	Incorporação em ortofosfatos amoniados	Não afetou a disponibilidade de Zn para as plantas	Mortvedt e Giordano, (1969)
ZnSO ₄	Incorporação em superfosfato antes da amoniação	Diminuição da solubilidade do Zn – formação de ZnNH ₄ PO ₄ insolúvel	Jackson et al. (1962); Lehr, (1972)
Zn e Cu	Incorporação em superfosfato simples	90 e 50%, respectivamente, solúveis em água após 7 dias. A maior parte das frações permaneceu no grânulo de SSP após 1 ano	Gilkes e Sadleir, (1981)
Zn	(NH ₄) ₂ SO ₄ , NH ₄ NO ₃ e NaNO ₃	Absorção de Zn pelo sorgo diminuiu pela ordem: PH do solo não adubado: 7,2 pH 5,0 > 6,0 > 7,3	Viets et al. (1957)
ZnSO ₄	DAP	Formação de Zn ₃ (PO ₄) ₂ e ZnNH ₄ PO ₄ insolúveis	Mortvedt (1984)
ZnSO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄ , amônia anidra ou uréia	Maior absorção de Zn por forrageiras e milho com o (NH ₄) ₂ SO ₄ , independente do modo de aplicação	Giordano et al. (1966)
ZnSO ₄	Uréia zincada (com 2 a 3% de Zn)	A lanço e incorporada, tão eficiente como ZnSO ₄ a lanço para o trigo	Mutatkar et al. (1977)

Segundo Mortvedt (1991), a incorporação de Mo em fertilizantes fosfatados ou fertilizantes NPK é uma prática de rotina, especialmente por serem pequenas as doses de Mo aplicadas (30 a 200 g/ha). Existem poucas evidências mostrando que fontes de Mo reagem com os componentes dos fertilizantes NPK para afetar a disponibilidade de Mo para as plantas. Entretanto, a inclusão de Mo em fertilizantes contendo (NH₄)₂SO₄ ou outros sulfatos solúveis parece diminuir a disponibilidade de Mo. Isto pode ser causado pela natureza ácida desses sulfatos e também pelos efeitos antagônicos dos sulfatos na nutrição de Mo nas plantas.

4.1.3. Revestimento de fertilizantes NPK Outra alternativa bastante eficiente para melhorar a uniformidade de aplicação de micronutrientes é o revestimento de fertilizantes NPK, seja mistura de grânulos, misturas granuladas e fertilizantes granulados ou mesmo fertilizantes simples. Essa tecnologia foi amplamente discutida por Lopes (1991), o qual cita uma série de trabalhos desenvolvidos sobre esse assunto, no exterior.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

O princípio dessa tecnologia é a mistura, a seco, da fonte de micronutrientes finamente moída (<100 mesh, 0,15mm) com o fertilizante. Um agente agregante é pulverizado sobre os grânulos à medida que eles são misturados com a fonte de micronutrientes em pó. O material agregante promove a formação de produtos de reação na superfície dos grânulos ou age como um agregante físico. O ciclo total de mistura leva 3 a 5 minutos em misturadores rotativos de pequena capacidade e um pouco mais em misturadores maiores.

O agente agregante deve ser barato, deve permanecer aderido ao fertilizante granulado durante o manuseio e não deve causar propriedades físicas indesejáveis, como empedramento, etc. Água, óleos, ceras, soluções de polifosfatos de amônio ou UAN são alguns tipos de agregantes.

Óleos não devem ser misturados a misturas que contêm nitrato de amônio, por causa do perigo de explosão. Menos de 1% em peso de óleo deve ser usado com outras misturas para prevenir que óleos leves escorram dos sacos contendo os fertilizantes.

Soluções contendo fertilizantes são preferidas como agentes agregantes por causa dos teores de garantia não diminuírem de modo apreciável. É necessário cuidado na escolha do agente agregante porque alguns não retêm o revestimento com micronutrientes durante o ensacamento, armazenamento ou manuseio, podendo resultar em segregação das fontes de micro e aplicação não uniforme na lavoura.

De maneira geral é de se esperar que a eficiência agronômica de micronutrientes aplicados como revestimento de fertilizantes granulados solúveis seja semelhante àquela dos micronutrientes incorporados aos fertilizantes granulados durante o processo de fabricação. As reações químicas após a dissolução do fertilizante no solo e a distribuição dos micronutrientes aplicados devem ser semelhantes em ambos os métodos.

Poucos trabalhos têm sido desenvolvidos, não só no Brasil como no exterior com a finalidade de comparar a tecnologia de revestimento com outras tecnologias. Dados da Tabela 2 mostram que tanto o ZnO como o ZnSO₄ resultaram em produções semelhantes de ervilha nos vários métodos de aplicação do fertilizante granulado NPK. A concentração de Zn no tecido vegetal foi superior no tratamento com ZnSO₄ granulado em mistura com fertilizante NPK granulado, provavelmente por causa de menores taxas de reações químicas do ZnSO₄ com o fertilizante NPK granulado (Ellis, Davis e Judy, 1965).

Tabela 2. Produção e concentração de Zn em ervilha em função de fontes de Zn e métodos de aplicação com fertilizante NPK. Fonte: Ellis et al. (1965).

Fonte de Zn	Método de aplicação	Produção (kg/ha)	Concentração de Zn (mg/kg)
---	---	1230	20
ZnSO ₄	Mistura	1660	40
ZnSO ₄	Incorporado	1640	31
ZnSO ₄	Revestido	1670	34
ZnO	Incorporado	1620	30
ZnO	Revestido	1670	26
DMS (0,05)		170	3



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Ellis et al. (1965) relatam ainda que ZnEDTA permaneceu completamente solúvel em água quando aplicado junto com $MnSO_4$ como revestimento de fertilizante NPK, mas o Zn foi somente 42% solúvel em água quando ZnEDTA foi aplicado junto com MnO como revestimento do mesmo fertilizante NPK. As produções de ervilha foram também muito menores com o último produto.

A comparação de vários métodos de aplicação de fontes de Zn com fertilizante NPK granulado para a cultura do milho, no Zimbábwe, mostrou que a eficiência agronômica relativa das fontes foi a seguinte, em ordem decrescente: ZnO revestido, $ZnSO_4$ incorporado e ZnO incorporado. Revestimento com $ZnSO_4$ em pó não foi incluído nesse estudo de Tanner e Grant (1973).

No Brasil, são raros os trabalhos de pesquisa procurando avaliar o efeito de fontes de micronutrientes associados com formas de fabricação de fertilizantes (incorporadas aos grânulos, revestindo os grânulos ou granuladas e misturadas aos grânulos NPK). Em trabalho de casa de vegetação com a cultura do milho, Korndörfer, Eimori e Tellechea (1987) observaram que tanto o ZnO como o $ZnSO_4$, incorporados ou aplicados como revestimento de grânulos da fórmula 5-30-15 para atingir 1% de Zn, apresentaram comportamento semelhante em relação à produção de matéria seca da parte aérea. Entretanto, mais recentemente, em experimento de campo, doses de 1, 2 ou 4 kg de Zn/ha, nas formas de ZnO e FTE, incorporados na fórmula 4-30-10, ou FTE granulado e misturado à mesma fórmula, não mostraram diferenças de produção de milho, em relação ao tratamento sem Zn. Os teores de Zn na folha, entretanto, foram maiores no tratamento com o ZnO incorporado (Korndörfer et al., 1995).

4.1.4. Aplicação via adubação fluida e fertirrigação Com a intensificação de utilização da adubação fluida e da fertirrigação, principalmente na cana-de-açúcar, fruticultura, cafeicultura e olericultura, tem havido um considerável aumento da aplicação de fertilizantes contendo micronutrientes com fertilizantes contendo N, N-P ou N-P-K.

Em relação à aplicação de micronutrientes, via adubação fluida, Mortvedt (1991) comenta vários aspectos ligados à solubilidade de várias fontes, ponto da maior relevância e que deve ser levado em conta:

- A solubilidade das fontes de Cu, Fe, Mn e Zn é maior nos líquidos claros na forma de polifosfatos do que nos ortofosfatos.
- A eficiência de $ZnSO_4$, ZnO ou ZnEDTA para o milho em suspensões de ortofosfatos ou polifosfatos (16-40%) é semelhante à aplicação dessas fontes isoladamente. Isto sugere que essas fontes de Zn não reagem com essas suspensões de fosfato para formar produtos de reação não disponíveis. A eficiência agronômica tanto do $ZnSO_4$ como do ZnO foi maior em suspensões de polifosfatos de alta concentração (75%).
- Polifosfatos seqüestram os micronutrientes metálicos de modo que eles podem manter maiores concentrações desses cátions em solução do que os ortofosfatos. Os polifosfatos, entretanto, são instáveis no solo e hidrolizam-se para ortofosfatos, e, conseqüentemente, perdem suas propriedades de seqüestro.
- A solubilidade da maioria das fontes de micronutrientes é baixa em soluções UAN (28% de N). Por exemplo, a solubilidade do $ZnSO_4 \cdot H_2O$ foi 0,5% de Zn e a do $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ foi 0,5% de Fe (Silverberg et al., 1972). O pH resultante da solução do fertilizante foi 3,0. Quando o pH foi aumentado para ficar entre 7,0 a 8,0, pela adição de NH_3 , a solubilidade do $ZnSO_4$ e do ZnO foi de 2% de Zn e das três fontes de Cu (Cu_2O , $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ e $CuSO_4 \cdot 5H_2O$) foi de 0,5% de Cu.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- e) Em função de suas altas solubilidades e das baixas doses a serem aplicadas, quantidades suficientes de B e Mo podem ser incluídas em fertilizantes fluidos para corrigir as deficiências nas doses normais de fertilizantes aplicados.
- f) Embora a maioria dos quelatos sintéticos seja compatível com fertilizantes fluidos, complexos orgânicos de Cu, Fe, Mn e Zn podem não ser compatíveis com todos os fertilizantes fluidos. Um teste de proveta deve ser feito utilizando as proporções desejadas do fertilizante fluido e das fontes de micronutrientes, antes de se proceder à mistura para aplicação no campo.
- g) Fertilizantes em suspensão podem ser utilizados se for desejável a aplicação de doses mais elevadas de micronutrientes. Nesse caso, as suspensões devem ser preparadas logo antes da aplicação. Fontes na forma de pó (- 60 mesh, < 0,25 mm) são sugeridas para incorporação com suspensões para evitar entupimentos e permanecer em suspensão.

Para o caso específico da fertirrigação a recomendação é normalmente de se trabalhar com fontes de micronutrientes solúveis que formem líquidos claros, evitando-se o uso de suspensões. Para essa finalidade e também para o caso de adubos fluidos, são apresentados os dados da Tabela 3, com informações importantes.

É também recomendável consultar um gráfico de compatibilidade entre fontes de macronutrientes primários e secundários quando a adubação fluida ou fertirrigação for executada com vários ou todos os nutrientes. O teste da proveta é sempre indispensável no caso de dúvida quanto ao comportamento dos vários produtos a serem misturados.

Tabela 3. Informação sobre solubilidade de várias fontes de micronutrientes geralmente usadas para preparar soluções de fertilizantes fluidos e/ou para aplicação via fertirrigação. Fonte: Burt et al., 1995.

Fonte	Teor	Forma	°C	Solubilidade (g/L)
Borax	11% B	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	0	21
Ácido bórico	17,5% B	H ₃ BO ₃	30	63,5
Solubor	20% B	Na ₂ B ₈ O ₁₃ .4H ₂ O	30	220
Sulfato de cobre (acidificado)	25% Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O	0	316
Cloreto cúprico (acidificado)	16% Cu	CuCl ₂	0	710
Sulfato de ferro (acidificado)	20% Fe	FeSO ₄ .7H ₂ O	---	156,5
Sulfato de magnésio	9,67% Mg	MgSO ₄ .7H ₂ O	20	710
Sulfato de manganês (acidificado)	27% Mn	MnSO ₄ .4H ₂ O	0	1053
Molibdato de amônio	54% Mo	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	---	430
Molibdato de sódio	39% Mo	Na ₂ MoO ₄	6,8	---
Sulfato de zinco	36% Zn	ZnSO ₄ .7H ₂ O	20	965
Quelato de zinco	5%–14% Zn	DTPA e EDTA	---	Muito solúvel
Quelato de manganês	5%–12% Zn	DTPA e EDTA	---	Muito solúvel
Quelato de ferro	4%–14% Fe	DTPA, HEDTA e EDDHA	---	Muito solúvel
Quelato de cobre	5%–14% Fe	DTPA e EDTA	---	Muito solúvel
Lignosulfonado de zinco	6% Zn	Lignosulfonado	---	Muito solúvel
Lignosulfonado de manganês	5%–14% Mn	Lignosulfonado	---	Muito solúvel
Lignosulfonado de ferro	6% Fe	Lignosulfonado	---	Muito solúvel
Lignosulfonado de cobre	6% Cu	Lignosulfonado	---	Muito solúvel



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

A grande vantagem desse sistema é que é perfeitamente factível variar as quantidades de nutrientes a serem aplicadas, de acordo com a menor ou maior demanda das culturas em relação as suas fases de crescimento e desenvolvimento.

4.2. Adubação foliar. Assim como as raízes, as folhas das plantas têm capacidade de absorver os nutrientes depositados na forma de solução em sua superfície. Essa capacidade originou a prática da adubação foliar, em que soluções de um ou mais nutrientes são aspergidas sobre a parte aérea das plantas, atingindo principalmente as folhas (Volkweiss, 1991).

No 2o Simpósio Brasileiro de Adubação Foliar, realizado em Botucatu, SP, em 1987, foram discutidos os mais diferentes aspectos sobre a adubação foliar, inclusive tópicos específicos envolvendo respostas, fontes, doses, épocas e modos de aplicação para as mais diferentes culturas (Boareto e Rosolem, 1989).

Concluiu-se que a adubação foliar com micronutrientes era um recurso efetivo e econômico no controle de deficiência em cafeeiro, citros e outras plantas frutíferas perenes, podendo ser recomendada em programas de adubação, desde que houvesse controle das necessidades das plantas e se utilizassem produtos específicos. Para alguns casos de culturas anuais e hortícolas, a adubação foliar corretiva ou complementar tinha dado bons resultados, podendo ser incluída nos programas de adubação.

O fato de muitas recomendações oficiais de adubação, em várias regiões do Brasil, incluírem a adubação foliar para diversas culturas é evidência de que, sob certas condições específicas, essa forma de aplicação de micronutrientes é de comprovada eficiência (Cavalcanti, 1998; Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás, 1988; Lopes e Guimarães, 1989; Prezotti, 1992; Comissão de Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1994; Raij et al., 1996).

Alguns exemplos de sucesso na aplicação foliar são citados a seguir. Pulverizações da cultura do milho com 0,6 e 1,1 kg de sulfato de manganês diluído em 150 litros de água/ha, no estágio de 4 e 8 folhas, atingiram, respectivamente, 8,23 e 8,49 t de grãos/ha em comparação com 2,21 t/ha da parcela testemunha (Tabela 4, Mascagni e Cox, 1984). Da mesma forma, pulverização com $ZnSO_4$ (23% de Zn) a 1%, aplicado na cultura do milho na 3ª e 5ª semanas após a emergência, resultou na produção de 6,64 t/ha em comparação com 3,88 t/ha no tratamento sem zinco, no 1º cultivo (Tabela 5, Galvão, 1994). Repetição desse tratamento no 2º e 3º cultivos levaram a produções próximas ao máximo, 7,35 e 7,47 t/ha, respectivamente (Tabela 6, Galvão, 1996). Rodrigues, Andrade e Carvalho (1996) encontraram máximas respostas à adubação foliar com Mo para a cultura do feijão nas doses de 76 a 81 g de Mo/ha, usando como fonte o molibdato de amônio e aplicação aos 25 dias após a emergência. O aumento na produção foi de cerca de 500 kg/ha. Resultados semelhantes foram obtidos por Amane et al. (1999) pelos quais as produções máximas de feijão foram obtidas com doses de 70 a 100 g de Mo por hectare, aplicadas por pulverização aos 22 dias após a emergência, sendo as maiores doses de Mo com as menores doses de nitrogênio.

Sfredo, Borkert e Castro (1996) obtiveram aumentos médios de produção de soja variando de 20 a 36%, em relação ao tratamento apenas com inoculante, pela aplicação de vários produtos comerciais multinutrientes via adubação foliar em três locais no Estado do Paraná. Os autores atribuíram esses resultados à presença do Mo nesses produtos. É interessante notar que a aplicação somente de água, via foliar, nesses experimentos, já causou um aumento de 19% na produção.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Em alguns experimentos, a adubação foliar, de maneira geral, não mostrou efeitos significativos no aumento da produção de soja (Borkert et al., 1979; Rosolem, Silvério e Primavesi, 1982). Apenas no caso do Mn, as aplicações foliares foram eficientes, sendo a recomendação oficial aplicar 350 g de Mn/ha (1,5 kg de $MnSO_4$) diluídos em 200 L de água com 0,5% de uréia (EMBRAPA-CNPSO, 1996). Acréscimos em produtividade da 55 e 61% foram obtidos na cultura da soja, com pulverizações de 225 + 225 e 300 + 300g de Mn, nos estádios V4 e V8, respectivamente, usando produto comercial quelatizado com 10% de manganês (Mann, 1999). Os tratamentos com manganês aumentaram também, o teor de proteína e óleo e a germinação e vigor, principalmente após o envelhecimento.

Tabela 4. Doses, número e época de aplicações foliares de Mn na cultura do milho. Fonte: Adaptado de Mascagni e Cox, 1984.

Doses de Mn ⁽¹⁾ kg/ha	Época de aplicação		Produção de grãos kg/ha	Peso da espiga g
	4 folhas	8 folhas		
0,0	---	---	2210	89
0,6	1	---	5100	143
1,1	1	---	5330	144
0,6	---	1	6030	168
1,1	---	1	6690	182
0,6	1	1	8230	218
1,1	1	1	8400	211

⁽¹⁾ Sulfato de manganês diluído em 150 litros de água/ha.

Manganês no solo (Mehlich 3) = 2,8 mg/dm³; pH em água = 6,3.

Tabela 5. Rendimento de grãos a 0,13 kg/kg de umidade do milho (híbrido BR 201), cultivado num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase cerrado, em função de métodos de aplicação de zinco. Dados do 1º ano. Fonte: Adaptado de Galvão, 1994.

Fontes	Doses de Zn kg/ha	Métodos	Teor de Zn no solo mg/dm ³	Produção t/ha
Testemunha	---	---	0,3	3,88 f
Sulfato	0,4	lanço	0,9	5,47 de
Sulfato	1,2	lanço	1,2	7,36 a
Sulfato	3,6	lanço	1,6	7,40 a
Sulfato	7,2	lanço	2,4	7,20 ab
Sulfato	1,2	sulco	1,0	5,89 cde
Sulfato	0,4	sulco	0,5	4,91 ef
Óxido ⁽¹⁾	0,8	sementes	0,4	6,15 bcd
Sulfato ⁽²⁾	1%	via foliar	0,4	6,64 abc
Sulfato ⁽³⁾	1%	via foliar	0,5	7,18 ab

⁽¹⁾ Óxido de zinco (80% de Zn): 1 kg ZnO/20kg de sementes.

⁽²⁾ Solução a 1% de sulfato de Zn (23% de Zn) na 3a e 5a semanas após a emergência.

⁽³⁾ Solução a 1% de sulfato de Zn (23% de Zn) na 3a, 5a e 7a semanas após a emergência.

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5%.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 6. Rendimento de grãos a 0,13 kg/kg de umidade do milho (híbrido BR 201), cultivado num latossolo vermelho-escuro, argiloso, fase cerrado, em função de métodos de aplicação de zinco. Dados do 3º ano. Fonte: Adaptado de Galvão, 1996.

Fontes	Doses de Zn kg/ha	Métodos	Teor de Zn no solo mg/dm ³	Produção t/ha
Testemunha	---	---	0,6	4,56 c
Sulfato	0,4	lanço (1º ano)	0,7	6,35 b
Sulfato	1,2	lanço (1º ano)	1,1	7,62 a
Sulfato	3,6	lanço (1º ano)	1,3	7,90 a
Sulfato	7,2	lanço (1º ano)	2,4	7,81 a
Sulfato	1,2	sulco (1º ano)	0,8	7,43 a
Sulfato	0,4	sulco (1º, 2º e 3º anos)	1,1	7,09 ab
Óxido ⁽¹⁾	0,8	sementes	1,0	7,74 a
Sulfato ⁽²⁾	1%	via foliar	0,5	7,47 a
Sulfato ⁽³⁾	1%	via foliar	0,7	7,14 a

⁽¹⁾ Óxido de zinco (80% de Zn) : 1 kg ZnO/20kg de sementes.

⁽²⁾ Solução a 1% de sulfato de Zn (23% de Zn) na 3a e 5a semanas após a emergência.

⁽³⁾ Solução a 1% de sulfato de Zn (23% de Zn) na 3a, 5a e 7a semanas após a emergência.

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não apresentam diferenças significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Entretanto, dados mais recentes em experimento desenvolvido em solo extremamente baixo em cobre (0,1 mg/dm³ de Cu), mostraram que pulverizações com solução de sulfato de cobre (5g/L) aos 20 e aos 20 e 40 dias após a emergência de plantas de soja, levaram a rendimentos máximos, comparáveis a aplicações via solo e via tratamento de sementes, por 2 anos (Tabela 7, Galvão, 1999).

Em comparação com as aplicações, via solo, a adubação foliar apresenta as seguintes vantagens e desvantagens:

Vantagens

- a) O alto índice de utilização, pelas plantas, dos nutrientes aplicados nas folhas em relação a aplicação via solo.
- b) As doses totais de micronutrientes são, em geral, menores.
- c) As respostas das plantas são rápidas, sendo possível corrigir deficiências após o seu aparecimento, durante a fase de crescimento das plantas (adubação de salvação), embora, em alguns casos, os rendimentos das culturas já possam estar comprometidos (Volkweiss, 1991).
- d) É uma das formas mais eficientes de correção de Fe em solos com pH neutro ou alcalino.

Desvantagens

- a) A menos que possam ser combinadas com tratamentos fitossanitários, em função da baixa mobilidade da maioria dos micronutrientes, os custos extras de múltiplas aplicações foliares podem ser altos.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- b) O efeito residual é, no geral, muito menor do que nas aplicações via solo.
- c) Além de problemas estritamente de compatibilidade, a presença de um nutriente na solução pode afetar negativamente a absorção de outro, principalmente nas soluções multinutrientes.

Outro ponto que deve ser levado em conta, quando do uso de micronutrientes, é a quantidade desses que pode ser carregada para a lavoura com a aplicação de produtos fitossanitários. Muitos desses produtos têm como princípio ativo cobre, manganês, zinco, etc, que, quando aplicados em doses adequadas, podem contribuir para a correção parcial ou total de possíveis deficiências nutricionais de alguns micronutrientes. É recomendável, portanto, que o técnico que orienta os agricultores se familiarize com a composição química desses produtos fitossanitários utilizados na lavoura.

4.3. Tratamento de sementes. O tratamento de sementes é outra alternativa para a aplicação de alguns micronutrientes. A uniformidade de distribuição de pequenas doses que pode ser aplicada com precisão é uma das grandes vantagens desse método de aplicação. É uma tecnologia de comprovada eficiência na aplicação de Mo e também de Co em leguminosas, com vista à fixação simbiótica de nitrogênio. Sfredo, Borkert e Castro (1996) obtiveram aumentos médios de produção de soja variando de 18 a 37% em relação ao tratamento apenas com inoculante, pela aplicação de vários produtos comerciais multinutrientes via tratamento de sementes em três locais no Estado do Paraná. Os autores atribuíram esses resultados à presença do Mo nesses produtos.

Além do Mo e Co, também B, Cu, Mn e Zn já foram aplicados via sementes, muitas vezes com resultados positivos (Ruschell, Rocha e Penteado, 1979; Santos et al., 1982, Mortvedt, 1985). Em geral, dá-se preferência a fontes solúveis de micronutrientes, mas há casos em que as fontes menos solúveis ou mesmo insolúveis são usadas com bons resultados. Revestimento de sementes de milho com óxido de zinco (80% de ZnO), 1 kg de ZnO por 20 kg de sementes, atingiu a produção de 6,15 t/ha em comparação com 3,88 t/ha na parcela testemunha. Esse efeito foi superior ao da aplicação de 1,2 kg de sulfato de zinco no sulco de plantio, mas inferior ao da mesma dose aplicada a lanço (Galvão, 1994). Repetição do tratamento de sementes no 2º e 3º cultivos propiciou rendimentos próximos aos máximo (Galvão, 1996). Já revestimento de sementes de soja com CuO deu tão bons resultados na produção como a aplicação de sulfato de cobre pentahidratado via solo (a lanço e no sulco) ou via aplicação foliar (Tabela 7, Galvão, 1999).

Existem, entretanto, casos em que o tratamento de sementes com micronutrientes não mostram efeitos positivos na produção. A aplicação de B, Cu, Mo e Zn, via tratamento de sementes, não aumentou a produção de arroz (Barbosa Filho et al., 1983).

Segundo Volkweiss (1991), existem três métodos principais para aplicação de micronutrientes via sementes:

- a) Umedecimento de sementes com solução contendo a quantidade desejada de micronutriente.
- b) Deixar as sementes de molho durante algumas horas em solução de micronutrientes a 1-2%.
- c) Peletização de sementes com carbonato de cálcio, fosfato, goma arábica e micronutrientes.

4.4. Aplicação em raízes de mudas. Essa tecnologia consiste em fazer a imersão de raízes de mudas a serem transplantadas em solução ou suspensão contendo um ou mais micronutrientes. O exemplo mais típico é o caso da imersão de



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

mudas de arroz em solução contendo ZnO a 1%, em sistemas de irrigação por inundação, tecnologia de eficiência amplamente comprovada e rotineiramente utilizada na Ásia, Egito e EUA. O ZnO, nesse caso, tem mostrado eficiência igual ou superior às fontes solúveis (Mortvedt e Cox, 1985).

Tabela 7. Rendimento de grãos de soja (cv. Doko RC) corrigido para 0,13 kg/kg de umidade, cultivada em um Latossolo Vermelho-Amarelo fase Cerrado, em função de métodos de aplicação de cobre. Fonte: Galvão, 1999.

Tratamento	Método	Cultivo ⁽¹⁾		
		1 ^o	2 ^o	3 ^o
		----- t/ha -----		
1. 0,0 kg/ha de cobre		2,32 a	2,94 c	2,57 b
2. 0,4 kg/ha de cobre	(lanço, 1 ^o cultivo) ⁽²⁾	2,30 a	3,05 bc	2,67 b
3. 1,2 kg/ha de cobre	(lanço, 1 ^o cultivo) ⁽²⁾	2,31 a	3,44 a	3,22 a
4. 2,4 kg/ha de cobre	(lanço, 1 ^o cultivo) ⁽²⁾	2,36 a	3,39 ab	3,13 a
5. 4,8 kg/ha de cobre	(lanço, 1 ^o cultivo) ⁽²⁾	2,30 a	3,41 ab	3,10 a
6. 1,2 (3 x 0,4) kg/ha de cobre	(sulco) ⁽²⁾	2,33 a	3,43 ab	3,19 a
7. 2,4 (3 x 0,8) kg/ha de cobre	(sulco) ⁽²⁾	2,32 a	3,34 ab	3,20 a
8. Foliar ⁽³⁾	5g/L aos 20 DAE	2,30 a	3,31 ab	3,22 a
9. Foliar ⁽³⁾	5g/L aos 20 + 40 DAE	2,40 a	3,39 ab	3,11 a
10. Semente	⁽⁴⁾	2,25 a	3,38 ab	3,14 a
CV (%)		5,9	8,9	7,7

⁽¹⁾ Médias seguidas da mesma letra, em cada coluna, não foram diferentes entre si, pelo teste de Duncan a 5%.

⁽²⁾ Fonte: sulfato de cobre pentahidratado.

⁽³⁾ Sulfato de cobre pentahidratado; DAE (dias após a emergência das plantas).

⁽⁴⁾ 798 g/kg de Cu, na forma de CuO, misturados às sementes umedecidas (20 mL/kg de água).

5. EFEITO RESIDUAL

O conhecimento do efeito residual de fertilizantes contendo micronutrientes é de fundamental importância para a definição de doses e do intervalo de reaplicação dos mesmos. Esse é um assunto complexo envolvendo não apenas as fontes utilizadas, mas também as doses, métodos de aplicação, taxas de exportação pelas culturas, manejo dos restos culturais, tipos de solo e sistemas de produção (agricultura convencional e plantio direto), dentre outros. Infelizmente, no Brasil, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos no campo por 4 ou mais anos procurando avaliar o efeito residual dos tratamentos.

Martens e Westermann (1991) discutem detalhes dos efeitos residuais de várias fontes de micronutrientes com destaque para os seguintes aspectos:

- a) Fertilizantes contendo boro apresentam maior efeito residual em solos com altos teores de silte e argila em comparação com solos arenosos. Produtos com menor solubilidade em água (colemanita e ulexita) também apresentam maior efeito residual.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- b) Existem evidências de que a reversão de fontes de Cu para formas não disponíveis para as plantas é baixa. Os intervalos para novas aplicações de Cu podem ser superiores a 5 anos, dependendo da sensibilidade das culturas e da severidade da deficiência.
- c) Aplicações de fontes de Fe ao solo apresentam muito pouco efeito residual porque o íon Fe^{2+} é rapidamente convertido a Fe^{3+} em solos com boa aeração. Aplicações de doses relativamente elevadas, em sulcos, podem ser eficientes por mais de 1 ano em sistemas conservacionistas (cultivo mínimo e plantio direto).
- d) Da mesma forma que para o Fe, as fontes de Mn apresentam pequeno efeito residual, mesmo com a aplicação de altas doses (até 60 kg de Mn/ha na forma de $MnSO_4$), a lanço. Esses resultados suportam a recomendação de se utilizarem adubações no sulco e adubação foliar para corrigir deficiências de Mn.
- e) O efeito residual da adubação com Mo depende das reações do MoO_4^{2-} com os constituintes do solo, da quantidade de molibdênio lixiviada e das taxas de exportação da culturas ou de remoção por animais em pastoreio. Em alguns casos, mesmo com doses pequenas (0,1 kg Mo/ha), o efeito residual pode chegar a mais de 10 anos.
- f) Doses relativamente altas de Zn (25 a 30 kg de Zn/ha) aplicadas a lanço podem corrigir as deficiências por vários anos por causa da lenta reversão do Zn para formas não disponíveis para as plantas.

Um resumo dos principais trabalhos citados por Martens e Werstermann (1991) é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Efeito residual de micronutrientes para diversas situações de fontes, modos de aplicação, tipo de solo e culturas. Fonte: Adaptado de Martens e Westermann, 1991.

Dose e forma de aplicação	Fonte	Tipo de solo	Cultura	Resultados	Referência original
2 kg B/ha (lanço)	Borato-65	Barrento	Alfafa e trevo	Suficiente B por 2 anos	Gupta (1984)
1,1 kg Cu/ha	$CuSO_4$	---	Trigo	Aumentou a produção até após 9 anos	Gartrell (1980)
5,5 kg Cu/ha	$CuSO_4$	---	Trigo	Aumentou a produção após 12 anos	Gartrell (1980)
60 kg Mn/ha (lanço)	$MnSO_4$	Barrento	Soja	Inadequado para corrigir deficiência no 2º ano	Gettier et al. (1984)
30 kg Mn/ha (lanço)	$MnSO_4$ e oxi-sulfato	Argiloso	Soja	Produções máximas até 2 anos após	Mascagni e Cox (1985b)
0,11 kg Mo/ha	---	Barro-arenoso	Pastagem	Eficiente por 15 anos	Riley, 1987
0,14 kg Mo/ha	---	---	Pastagem	Efeito por apenas 1 ano	Riley, 1987
0,40 kg Mo/ha	---	Podzólico	---	Diminuiu a deficiência até o 3º ano	Gupta, 1979b
0,28 kg Mo/ha	---	---	Trevo subterrâneo	Efeito até após 8 anos	Jones & Ruckman, 1973
28 kg Zn/ha (lanço)	$ZnSO_4$	---	---	Correção da deficiência por 7 anos	Robertson e Lucas, 1976
34 kg Zn/ha (lanço)	$ZnSO_4$	---	---	Correção da deficiência por 4 a 5 anos	Frye et al., 1978



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

No Brasil, foram desenvolvidos poucos experimentos de longa duração (3 ou mais anos) com micronutrientes no campo, que permitissem fazer inferências sobre o efeito residual. Ressaltam-se, neste contexto, os trabalhos de Galrão, Suhet e Sousa (1978), Galrão e Mesquita Filho (1981) e Galrão (1984), os quais, além de permitir a avaliação do efeito imediato (1º ano) da omissão de cada micronutriente sobre a produção de arroz no tratamento completo, permitiram a avaliação intermediária para três cultivos e do efeito residual até seis anos. Nos três primeiros anos, apenas a omissão de Zn reduziu a produção (Galrão e Mesquita Filho, 1981). No 5º e 6º cultivos, não existiram diferenças entre os tratamentos. Outra conclusão foi a de que a dose de 6 kg de Zn/ha, aplicada a lanço apenas no 1º cultivo, foi suficiente para manter boas produções nos seis cultivos envolvendo a seqüência: arroz, arroz, milho, soja, milho e milho (Galrão, 1984).

Existem outras evidências do acentuado efeito residual de fertilizantes com Zn nos solos sob cerrado. A dose de 3 kg de Zn/ha na forma de $ZnSO_4$, aplicada a lanço apenas no 1º cultivo, foi suficiente para manter produções próximas ao máximo por pelo menos quatro colheitas consecutivas em um Latossolo Vermelho-Escuro argiloso (Ritchey et al., 1986). Entretanto, em um Latossolo Vermelho-Amarelo argiloso, a dose de 1 kg de Zn/ha, aplicada a lanço em mistura com o superfosfato simples em pó no 1º cultivo, foi suficiente para aumentar o rendimento de grãos, os teores de Zn do solo e da folha de milho no 4º cultivo (Galrão, 1995). Mais recentemente, Galrão (1996) concluiu que 1,2 kg de Zn/ha ($ZnSO_4$, 23% Zn), aplicado a lanço no 1º cultivo, foi suficiente para propiciar rendimentos máximos de milho para três cultivos. Todavia, quando aplicado no sulco de semeadura apenas no 1º cultivo, ou parceladamente (0,4 kg de Zn/ha por cultivo), o rendimento máximo de grãos foi alcançado apenas a partir do 2º ano. Outro aspecto importante dos trabalhos de Galrão (1995, 1996) foi permitir, ainda, estabelecer os níveis críticos de Zn no solo para os extratores ácidos (HCl, Mehlich 1 e Mehlich 3) e o DTPA, além do nível crítico desse micronutriente na folha do milho.

De modo semelhante, doses de 1,2 a 4,8 kg de Cu/ha, na forma de sulfato heptahidratado, aplicadas a lanço em um Latossolo Vermelho-Amarelo da região dos cerrados no 1º ano na cultura da soja, levaram a rendimentos máximos de grãos no 2º e 3º cultivos, mostrando um acentuado efeito residual nesse período (Tabela 8, Galrão, 1999).

6. FATORES QUE AFETAM A DISPONIBILIDADE DE MICRONUTRIENTES

Um dos pontos mais importantes de ser levado em consideração para aumentar a eficiência agronômica dos micronutrientes é conhecer os fatores que afetam a disponibilidade dos mesmos, inclusive os possíveis antagonismos e sinergismos fisiológicos entre os vários nutrientes.

Um resumo desses fatores, agrupado para cada micronutriente, foi apresentado por Lopes e Carvalho, 1988, tomando por base de referência uma série de trabalhos que enfoca o assunto.

Boro

- a) Maior disponibilidade na faixa de pH 5,0 a 7,0.
- b) Condições de alta pluviosidade e altos graus de perdas por lixiviação, reduzem a disponibilidade, principalmente em solos mais arenosos.
- c) Condições de seca aceleram o aparecimento de sintomas de deficiência, que, muitas vezes tendem a desaparecer quando a umidade do solo atinge níveis adequados. Dois fatores explicam esse comportamento:



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- A matéria orgânica é uma importante fonte de boro para o solo. Sob condições de seca a decomposição dessa diminui, liberando menos boro para a solução do solo.
 - Condições de seca reduzem o crescimento das raízes, induzindo a menor exploração do volume do solo, o que leva a um menor índice de absorção de nutrientes, inclusive boro.
- d) Uma vez que os limites entre deficiência e toxicidade de boro são estreitos, a aplicação de fertilizantes com esse micronutriente em sistemas de rotação envolvendo culturas com diferentes graus de sensibilidade, deve ser feita com cuidado.

Cobre

- a) Maior disponibilidade na faixa de pH 5,0 a 6,5.
- b) Solos orgânicos são os mais prováveis de apresentarem deficiência de cobre. Tais solos geralmente apresentam abundância desse micronutriente, mas formam complexos tão estáveis com a matéria orgânica que somente pequenas quantidades são disponíveis para a cultura.
- c) Solos arenosos com baixos teores de matéria orgânica podem tornar-se deficientes em cobre em função de perdas por lixiviação.
- d) Solos argilosos apresentam menores probabilidades de apresentarem deficiência desse micronutriente.
- e) Presença excessiva de íons metálicos, como ferro, manganês e alumínio, reduz a disponibilidade de cobre para as plantas. Esse efeito é independente do tipo de solo.

Ferro

- a) Maior disponibilidade na faixa de pH 4,0 a 6,0.
- b) A deficiência de ferro, na maioria das vezes, é causada por desequilíbrio em relação a outros metais, tais como molibdênio, cobre e manganês.
- c) Outros fatores que podem levar a deficiência de ferro são: excesso de fósforo no solo, efeitos combinados de pH elevado, calagem excessiva, encharcamento, baixas temperaturas e altos níveis de bicarbonato.

Manganês

- a) Maior disponibilidade na faixa de pH 5,0 a 6,5.
- b) Solos orgânicos pela formação de complexos muito estáveis entre matéria orgânica e manganês, tendem a apresentar problemas de deficiência.
- c) A umidade do solo também afeta a disponibilidade de manganês. Os sintomas de deficiência são mais severos em solos com alto teor de matéria orgânica durante a estação fria quando esses estão saturados de umidade. Os sintomas tendem a desaparecer à medida que o solo seca e a temperatura se eleva.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- d) Solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a altos índices pluviométricos são os mais propensos a apresentar problemas de deficiência desse micronutriente.
- e) Excesso de cálcio, magnésio e ferro pode, também, causar deficiências de manganês.

Zinco

- a) Maior disponibilidade na faixa de pH 5,0 a 6,5.
- b) Alguns solos quando recebem doses de corretivos para elevar o pH acima de 6,0, podem desenvolver sérias deficiências de zinco, principalmente se forem arenosos.
- c) Deficiências de zinco podem ocorrer quando se usam altas doses de fertilizantes fosfatados. Várias espécies de plantas já mostraram os efeitos da interação zinco-fósforo. A interação complica-se ainda mais pelo efeito de valores de pH próximos a neutralidade.
- d) Grandes quantidades de zinco podem ser “fixadas” pela fração orgânica do solo, induzindo a deficiências. Esse micronutriente pode ser, também, temporariamente imobilizado nos corpos dos microorganismos do solo, especialmente quando da aplicação dos esterços.
- e) Baixas temperaturas, associadas a excesso de umidade, podem fazer com que as deficiências sejam mais pronunciadas. Isso tende a se manifestar no estágio inicial de crescimento das plantas, e, geralmente, os sintomas desaparecem mais tarde.
- f) Sistematização do solo para irrigação por inundação induz a deficiência de zinco nas áreas em que o subsolo é exposto.
- g) O zinco é fortemente adsorvido pelos colóides do solo, o que ajuda a diminuir as perdas por lixiviação, aumentando o efeito residual. Entretanto, solos arenosos, com baixa CTC e sujeitos a chuvas pesadas, podem apresentar problemas de deficiência.

Molibdênio

- a) Maior disponibilidade acima de pH 7,0.
 - b) Deficiências de molibdênio têm maior probabilidade de ocorrer em solos ácidos (pH menor que 5,5 ou 5,0). Quando o solo recebe calagem adequada, haverá correção da deficiência, se os níveis desse micronutriente forem adequados.
 - c) Solos arenosos apresentam com mais frequência deficiência de molibdênio do que os de textura média ou argilosos.
 - d) Doses pesadas de fertilizantes fosfatados aumentam a absorção de molibdênio pelas plantas, ao passo que doses elevadas de fertilizantes, contendo sulfato, podem induzir deficiência de molibdênio.
 - e) Molibdênio em excesso é tóxico, especialmente para animais sob pastejo. O sintoma característico é forte diarreia.
-



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- f) O molibdênio também afeta o metabolismo do cobre. Animais sob pastejo em áreas deficientes de molibdênio e com níveis elevados de cobre podem sofrer toxicidade desse último. Animais tratados com forragem com alto teor de molibdênio podem apresentar deficiência de cobre, levando à molibdenose.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A evolução acentuada do uso da análise de solos e da análise foliar como critérios de diagnose de deficiências de micronutrientes no Brasil está levando a uma mudança conceitual nas filosofias de aplicação, com uma utilização mais intensa da filosofia de prescrição. Existe, porém, necessidade da ampliação de experimentos de calibração dessas análises no campo, em várias regiões, com diferentes classes de solos envolvendo diferentes culturas, para permitir a plena adoção da filosofia de prescrição.

Tem havido, entretanto, um grande esforço da pesquisa brasileira no sentido de estabelecer, para vários estados ou regiões, sínteses de recomendações de doses, fontes e métodos de aplicação de micronutrientes para as mais diversas condições de solos e culturas no Brasil. Essas recomendações são apresentadas no Apêndice assim especificadas: Tabela 14A – Cafeeiro; Tabela 15A - Algodão, arroz, milho e soja nos cerrados; Tabela 16A – Goiás (geral); Tabela 17A – Minas Gerais (geral); Tabela 18A – Rio Grande do Sul e Santa Catarina (geral); Tabela 19A – São Paulo (cereais, estimulantes, fibrosas e frutíferas); Tabela 20A – São Paulo (hortaliças, leguminosas e oleaginosas, ornamentais e flores, raízes e tubérculos, outras culturas industriais); Tabela 21A - São Paulo (florestais e forrageiras); Tabela 22A – São Paulo (adubação foliar com micronutrientes em várias culturas), mais zinco e manganês no milho .

A eficiência agronômica das diferentes fontes de micronutrientes (inorgânicas, quelatos sintéticos, complexos orgânicos e “fritas”), quando aplicadas isoladamente, vem sendo intensamente estudada. Entretanto, poucos estudos têm avaliado essa eficiência quando as fontes são misturadas, incorporadas ou aplicadas como revestimento de fertilizantes NPK. Esse aspecto deve merecer prioridade da pesquisa com micronutrientes no Brasil.

Além das aplicações tradicionais de fertilizantes contendo micronutrientes na forma sólida, via solo, a adubação fluida e a fertirrigação se constituem, ainda, em alternativas pouco estudadas no Brasil. A adubação foliar, o tratamento de sementes e a aplicação em raízes de mudas são outras modalidades de aplicação de micronutrientes com resultados amplamente positivos para certas condições específicas.

Os poucos experimentos de longa duração, a campo, conduzidos no Brasil, têm mostrado um considerável efeito residual de fontes de zinco e de cobre, principalmente na região dos cerrados. Dados de pesquisas conduzidas no exterior confirmam o acentuado efeito residual das fontes de zinco e também de cobre e molibdênio. Por outro lado, mesmo altas doses de fontes de manganês e ferro não têm mostrado efeito residual, principalmente quando aplicadas a lanço.

Um melhor desempenho do processo produtivo da agricultura brasileira irá depender mais e mais do uso eficiente de micronutrientes. Para que esse objetivo possa ser atingido, a avaliação das possíveis deficiências, da eficiência das fontes, dos métodos de fabricação, das tecnologias de aplicação e do efeito residual deve ser feita de forma integrada, abrangente e sistêmica. O papel do ensino, da pesquisa, da extensão e da indústria é, cada vez mais, o de aplicar esforços para que essa integração possa ser alcançada no curto prazo.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

LITERATURA CITADA

- AMANE, M. I. V.; VIEIRA, C.; NOVAIS, R.F.; ARAÚJO, G. A. A. Adubação nitrogenada e molibídica da cultura do feijão na Zona da Mata de Minas Gerais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 23, n. 3, p. 643-650, jul./set. 1999.
- ALLEN, S. E.; TERMAN, G. L. Response of maize and sudangrass to zinc in granular micronutrients. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SOIL SCIENCE. Transactions. Aberdeen: ISSS, 1966. p.255-266.
- BARBOSA FILHO, M. P.; FAGERIA, N. K.; FONSECA, J. R. Tratamento de sementes de arroz com micronutrientes sobre o rendimento e qualidade dos grãos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.18, n.3, p. 219-222, mar. 1983.
- BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A. (coords). Simpósio Brasileiro de Adubação Foliar 2., Campinas, 1987. Anais... Campinas. Fundação Cargill, 1989. 669p.
- BORKERT, C. M.; CORDEIRO, D. S.; SFREDO, G.J.; PALHANO, J. S. Eficiência da adubação foliar na cultura da soja. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1., 1978, Londrina, 1978. Anais... Londrina: EMBRAPA, 1979. p.283-290.
- BRESEGHELLO, F.; STONE, L.F. (eds.) Tecnologia para o arroz de terras altas. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1998. 161p.
- BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. Fertigation: irrigation training and research center, San Luis Obispo: California Polytechnic State University, 1995. 320p.
- CAVALCANTI, F. J. de A. (coord.) Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco (2a Aproximação). Recife: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, 1998. 198p.
- CFESMG (Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 1999 (no prelo)
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE GOIÁS. Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás. 5a aproximação. Goiânia: UFG/EMGOPA, 1988. 101p. (Informe Técnico, 1).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA. Recomendações de adubação e calagem para os Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3ª ed. Passo Fundo: Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC, SBCS - Núcleo Regional Sul, 1994. 224p.
- ELLIS, B. G.; DAVIS, J. F.; JUDY, W. H. Effect of method of incorporation of zinc in fertilizer on zinc uptake and yield of pea beans. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v. 29, p. 635-636, 1965.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Algodão: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. 267p. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 7).
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste (Dourados, MS). Milho: informações técnicas. Dourados, 1997. 222p. (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 5).
- EMBRAPA-CNPSO. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná 1996/97. Londrina: EMBRAPA-Soja. (EMBRAPA-Soja. Documentos 97). 1996. 187p.
- EMBRAPA SOJA (Londrina, PR). Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil 1999/2000. Londrina, 1999. 226p. (EMBRAPA-Soja. Documentos, 132; Embrapa Agropecuária Oeste, 5).
-



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- GALRÃO, E. Z. Efeito de micronutrientes e de cobalto na produção e composição química do arroz, milho e soja em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.8, n.1, p. 111-116, jan./abr. 1984.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de cobre e avaliação da disponibilidade para a soja num Latossolo Vermelho-Amarelo franco-argilo-arenoso fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.23, n.2, p. 265-272, abr./jun. 1999.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.2, p. 283-289, abr./jun. 1996.
- GALRÃO, E. Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p. 229-233, maio/ago. 1994.
- GALRÃO, E. Z. Níveis críticos de zinco para o milho cultivado em Latossolo Vermelho-Amarelo, fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.2, p. 255-260, maio/ago. 1995.
- GALRÃO, E. Z.; MESQUITA FILHO, M. V. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) e do milho (*Zea mays* L.) em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.1, p. 72-75, jan./abr. 1981.
- GALRÃO, E. Z.; SUHET, A. R.; SOUSA, D. M. G. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, n.2, p. 129-132, maio/ago. 1978.
- HIGNETT, T. P. ; McCLELLAN, G. H. Sources and production of micronutrient fertilizers. In: VLEK, P. L. G. (ed.) *Micronutrients in tropical food crop production: developments in plant and soil sciences*. Dordrecht: Martinus Nijhoff/ W. Junk Publishers, 1985. v.14, p. 237-260.
- JUDY, W.; LESSMAN, G.; ROZYCKA, T.; ROBERTSON, L.; ELLIS, B. G. Field and laboratory studies with zinc fertilization of pea beans. *Quarterly Bulletin*. Michigan State University Agricultural Experiment Station, East Lansing, v. 46, p. 386-400, 1964.
- KORNDÖRFER, G. H.; ALCANTARA, C. B.; HOROWITZ, N.; LANA, R. M. Q. Formas de adição de zinco a um formulado NPK e seu efeito sobre a produção de milho. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.52, n.3, p. 555-560, set./dez. 1995.
- KORNDÖRFER, G. H.; EIMORI, I. E.; TELLECHEA, M. C. R. Efeito de técnicas de adição de zinco a fertilizantes granulados na produção de matéria seca no milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.11, n.3, p. 329-332, set./dez. 1987.
- LEHR, J. R. Chemical reactions of micronutrients in fertilizers. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (eds.) *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p.459-502.
- LOPES, A. S.; CARVALHO, J. G. de. Micronutrientes: critérios de diagnose para solo e planta. In: SIMPÓSIO SOBRE ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1988, Londrina. Anais... Campinas, EMBRAPA-CNPSo/IAPAR/SBCS, 1988. p. 133-178.
- LOPES, A. S. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. Anais... Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p. 357-390.
- LOPES, A. S. Uso eficiente de fertilizantes com micronutrientes. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 1o, Brasília, 1984. Anais... Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 347-382.
-



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- LOPES, A. S.; GUIMARÃES, P. T. G. (coords.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª Aproximação. Lavras, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1989. 176p.
- MALAVOLDA, E.; VITTI, G. C. e OLIVEIRA, S. A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2ª ed., rev. e atual., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MANN, E. N. Efeito da adubação com manganês via solo e foliar em diferentes épocas, no rendimento de grãos e na qualidade de semente de soja. Lavras: UFLA, 1999. 68p. (Dissertação – Mestrado em Fitotecnia).
- MARTENS, D. C.; WESTERMANN, D. T. Fertilizer applications for correcting micronutrient deficiencies. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R. SHUMAN. L. M.; WELCH, R. M. (eds.) Micronutrients in agriculture 2nd ed., Madison: Soil Science Society of America, 1991. p. 549-591.
- MASCAGNI Jr. H. J.; COX, F. R. Evaluation of inorganic and organic manganese fertilizer sources. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 49, p. 458-461, 1985.
- MINER, G. S.; TRAORE, S.; TUCKER, M. R. Crop response to starter fertilizer acidity and manganese materials varying in water solubility. Agronomy Journal, Madison, v.78, p.291-295, 1986.
- MORTVEDT, J. J. Availability of boron in various boronated fertilizers. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v. 32, n.3, p. 433-437, may/june 1968.
- MORTVEDT, J. J. Micronutrient fertilizers and fertilization practices. Fertilizer Research, Dordrecht, v.7, p. 221-235, 1985.
- MORTVEDT, J. J. Micronutrients fertilizer technology. In: MORTVEDT, J. J.; COX, F. R. SHUMAN. L. M.; WELCH, R. M. (eds.) Micronutrients in agriculture, 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1991. p.523-548.
- MORTVEDT, J. J. Micronutrients with granular fertilizer. Custom Applicator, Memphis, TN, v.14, n.3, p. 46-48, 50, 59-60, 1984.
- MORTVEDT, J. J. Use of industrial by-products containing heavy metals contaminants in agriculture. In: REDDY, R. G.; IMRIE, W. P.; QUENEAU, P. B. (eds.) Residues and effluents: processing and environmental considerations. Lakewood: The Minerals, Metals and Materials Society, 1992. p.861-870.
- MORTVEDT, J. J. Tecnologia e produção de fertilizantes com micronutrientes. Presença de elementos tóxicos. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES E ELEMENTOS TÓXICOS NA AGRICULTURA, 1999, Jaboticabal. 1999. 11p. (no prelo).
- MORTVEDT, J. J.; COX, F. R. Production, marketing and use of calcium, magnesium and micronutrient fertilizers. In: ENGELSTAD, O. P. (ed.) Fertilizer technology and use. 3rd ed. Madison: Soil Science Society of America, 1985. p.455-481.
- MORTVEDT, J. J.; OSBORN, G. Boron concentration adjacent to fertilizer granules in soil and its effect on root growth. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v.29, p. 187-191, 1965.
- PAGE, N. R. Minor elements for field crops. North Carolina Agricultural Experimental Station, 1956. 3p. (Circular, 104).
- PREZOTTI, L. C. (coord.) Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo. 3ª Aproximação. Vitória: EMCAPA, 1992. 73p. (EMCAPA, Circular Técnica 12).
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. G. (eds). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim 100).
-



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

- RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H., BELLINAZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A. R. e TRANI, P. E. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 107p. (Boletim Técnico, 100).
- RITCHEY, K. D.; COX, F. R.; GALRÃO, E. Z.; YOST, R. S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.21, n.3, p. 215-255, mar. 1986.
- RODRIGUES, J. R. de M.; ANDRADE, M. J. B. de; CARVALHO, J. G. de. Resposta de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) a doses de molibdênio aplicadas via foliar. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.20, n.3, p. 323-333, 1996
- ROLAS – REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISES DE SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. Manual de adubação e calagem para cultivos agrícolas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Trigo e Soja, Porto Alegre, 56:3-34, 1981. (Boletim Técnico da FECOTRIGO).
- ROSOLEM, C. A.; AQUILANTE, D. J.; NAKAGAWA, J. Adubação foliar na soja: efeito de duas formulações com e sem aplicação de micronutrientes nas sementes. Revista da Agricultura, v.56, n.1/2, p. 73-80, 1981.
- ROSOLEM, C. A.; SILVÉRIO, J. C. O.; PRIMAVESI, O. Adubação foliar da soja: II. Efeitos de NPK e micronutrientes em função do preparo do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v.17, n.11, p. 1559-1562, nov. 1982.
- ROWELL, A. W. G.; GRANT, P. M. A comparison of fertilizer borate and colemanite incorporated in granular fertilizers. Rhodesian Journal of Agricultural Research, v.13 p. 63-66, 1975.
- RUSCHEL, A. P.; ROCHA, A. C. M. e PENTEADO, A. F. Efeito do boro e do molibdênio aplicados a diferentes revestimentos de semente de feijão (*Phaseolus vulgaris*). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v.5, p. 49-52, 1970 (Série Agronomia).
- SANTOS, O. S.; CERETTA, C. A.; PITOL, C.; CAMARGO, R. P. Efeitos de dosagens de molibdênio, cobalto, zinco e boro aplicados nas sementes. sobre características agronômicas da soja – 3º ano. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA NA REGIÃO SUL, 10., 1982, Porto Alegre.
- SFREDO, G. J.; BORKERT, C. M.; CASTRO, C. de. Efeito de micronutrientes sobre a produção de soja em três solos do Estado do Paraná. Informações Agrônomicas, Piracicaba, n. 75, p. 2-3, set. 1996.
- SILVERBERG, J.; YOUNG, R. D.; HOFFMEISTER, G. Preparation of fertilizers containing micronutrients. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (eds.) Micronutrients in agriculture. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 431-457.
- SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ADUBAÇÃO FOLIAR, 2., 1987, Campinas. Anais ... Campinas: Fundação Cargill, 1989. 669p.
- TANNER, P. D.; GRANT, P. M. Effectiveness of zincated fertilizers for young maize as influenced by fertilizer pH and method of applying zinc. Rhodesian Journal of Agricultural Research, v.11 p. 69-75, 1973.
- VOLKWEISS, S. J. Fontes e métodos de aplicação. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. Anais... Piracicaba, POTAFOS/CNPQ, 1991. p. 391-412.
- WERNER, J. C. Adubação de pastagens. Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1984. 49p. (Boletim Técnico 18).
-



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

APÊNDICE

Tabela 1A. Níveis de fertilidade para interpretação de análises de solos para micronutrientes em uso nos laboratórios de Minas Gerais. Fonte: Adaptado de CFSMG, 1999 (no prelo).

Micronutrientes	Teor no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
	----- mg/dm ³ -----				
Boro ⁽¹⁾	< ou = 0,15	0,16 – 0,35	0,36 – 0,60	0,61 – 0,90	> 0,90
Cobre ⁽²⁾	< ou = 0,3	0,4 – 0,7	0,8 – 1,2	1,3 – 1,8	> 1,8
Ferro ⁽²⁾	< ou = 8	9 – 18	19 – 30	31 – 45	> 45
Manganês ⁽²⁾	< ou = 2	3 – 5	6 – 8	9 – 12	> 12
Zinco ⁽²⁾	< ou = 0,4	0,5 – 0,9	1,0 – 1,5	1,6 – 2,2	> 2,2

Micronutrientes	Teor no solo		
	Baixo	Médio	Alto
	----- mg/dm ³ -----		
Cobre ⁽³⁾	0–0,2	0,3–0,8	> 0,8
Ferro ⁽³⁾	0–4	5–12	> 12
Manganês ⁽³⁾	0–1,2	1,3–5,0	> 5,0
Zinco ⁽³⁾	0–0,5	0,6–1,2	> 1,2

a) mg/dm³ = antigo ppm

b) Extratores: ⁽¹⁾ B = água quente; ⁽²⁾ Cu, Fe, Mn, Zn = Mehlich-1; ⁽³⁾ Cu, Fe, Mn, Zn = DTPA

Tabela 2A. Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para o Estado de São Paulo. Fonte: Raij et al., (eds.), 1996.

Micronutrientes	Baixo	Médio	Alto
	----- mg/dm ³ -----		
Boro (B)	0–0,20	0,21–0,60	> 0,60
Cobre (Cu)	0–0,2	0,3–0,8	> 0,8
Ferro (Fe)	0–4	5–12	> 12
Manganês (Mn)	0–1,2	1,2–5,0	> 5,0
Zinco (Zn)	0–0,5	0,6–1,2	> 1,2

a) mg/dm³ = antigo ppm

b) Extratores: B = água quente; Cu, Fe, Mn e Zn = DTPA.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 3A. Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Fonte: CFS RS/SC, 1994.

Micronutrientes	Baixo	Médio	Suficiente
mg/L.....		
Boro (B)	< 0,1	0,1–0,3	> 0,3
Cobre (Cu)	< 0,15	0,15–0,40	> 0,40
Zinco (Zn)	< 0,2	0,2–0,5	> 0,5

a) mg/L = antigo ppm (massa/volume)

b) Extratores: B = água quente; Cu e Zn = HCl 0,1 M.

Tabela 4A. Níveis de fertilidade para interpretação de micronutrientes em análises de solos para a região dos cerrados. Fonte: Galvão, 1998, dados não publicados.

Micronutrientes	Baixo	Médio	Alto
	-----mg/dm ³ -----		
Boro (B)	0–0,2	0,3–0,5	> 0,5
Cobre (Cu)	0–0,4	0,5–0,8	> 0,8
Manganês (Mn)	0–1,9	2–5	> 5
Zinco (Zn)	0–1,0	1,1–1,6	> 1,6

a) mg/dm³ = antigo ppm (massa/volume)

b) Extratores: B = água quente; Cu, Mn e Zn = Mehlich 1.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 5A. Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para cereais, essências florestais, estimulantes e fibrosas. Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (mg/kg) -----						
----- Cereais -----						
Arroz	40–70	10–20	200–300	100–150	-	25–35
Cevada	-	5–25	-	25–100	0,11–0,18	15–70
Milho	15–20	6–20	50–250	50–150	0,15–0,20	15–50
Sorgo	20	10	200	100	?	20
Trigo	20	9–18	-	16–28	1–5	20–40
----- Essências florestais -----						
Araucária	10	3	25	4	-	5
Eucalipto	40–50	8–10	150–200	100–600	0,5–1,0	40–60
Pinus	20–30	5–8	50–100	200–300	0,10–0,30	34–40
Pupunheira	30	9	126	142	-	23
Seringueira	20–70	10–15	70–90	15–40	1,5–2,0	20–30
----- Estimulantes -----						
Cacaueiro	30–40	10–15	150–200	150–200	0,5–1,0	50–70
Caféiro	50–60	11–14	100–130	80–100	0,10–0,15	15–20
Chá	-	20	-	-	-	-
Fumo	19–261	-	68–140	160	1	-
----- Fibrosas -----						
Algodoeiro herbáceo	20–30	30–40	60–80	20–40	1–2	10–15



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 6A Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para forrageiras e frutíferas. Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (mg/kg) -----						
----- Forrageiras -----						
Gramíneas						
Colonião	15–20	7–10	100–150	80–100	0,5–1,0	20–25
Jaraguá	20–25	3–5	150–200	200–300	0,11–0,15	25–30
Napier	25–30	10–15	150–200	150–200	0,5–0,75	40–50
Leguminosas						
Galácia	60–70	5–7	150–200	200–250	-	15–20
Soja perene	40–60	8–10	150–200	100–120	0,5–0,8	30–35
Siratro	25–30	8–10	100–150	60–90	0,2–0,4	25–30
Estilosantes	70–80	4–7	600–700	90–120	-	25–30
----- Frutíferas -----						
Abacateiro	50–100	5–15	50–200	30–500	-	30–150
Abacaxi	30–40	9–12	100–200	50–200	-	10–15
Bananeira	10–25	6–30	80–360	200–2000	-	20–50
Citros	36–100	5–16	60–120	25–100	0,1–1,0	25–100
Figo	50–80	4–8	80–160	60–100	-	11–13
Goiabeira	-	10–16	144–162	202–398	-	28–32
Kiwi	40–50	10–15	90–100	100–150	0,2	20–40
Macieira	30–65	5–10	100–200	5–100	0,15–0,30	25–30
Mamoeiro (limbo)	15	11	291	70	-	43
Mangueira	30	30	70	120	-	90
Maracujazeiro	40–50	10–20	120–200	400–600	-	25–40
Pereira	20–40	9–20	60–200	60–120	-	30–40
Pessegueiro	40–60	-	-	100–150	-	30–40
Videira	30–40	-	-	40–100	-	25–40



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 7A. Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para hortaliças. Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (mg/kg) -----						
Alho – Parte aérea, meio do ciclo	50	25	200	100	-	75
Batatinha – Meio do ciclo	40–50	5–8	800–1000	-	-	-
Couve-flor	60–80	8–10	120–140	50–70	0,4–0,8	30–50
Ervilha	100–110	15–20	100–120	40–50	0,6–1,0	80–200
Espinafre	30–40	10–15	300–400	200–250	-	100–120
Repolho	-	15–20	80–100	25–40	-	30–40
Tomateiro	50–70	10–15	500–700	250–400	0,3–0,5	60–70



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 8A. Teores foliares de micronutrientes considerados adequados para várias culturas (leguminosas de grãos, oleaginosas, ornamentais, sacarinas e amiláceas). Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
----- (mg/kg) -----						
----- Leguminosas de grãos -----						
Feijões						
Phaseolus	30–60	10–20	100–450	30–300	?	20–100
Vigna	150–200	5–7	700–900	400–425	0,2–0,3	40–50
Soja	21–55	10–30	51–350	21–100	?	21–50
----- Oleaginosas -----						
Amendoim	140–180	-	-	110–440	0,13–1,4	-
Dendzeiro	12–14	10	50–250	50	0,1–0,6	18
Girassol	50–70	30–50	150–300	300–600	-	70–140
----- Ornamentais -----						
Azaleia	25–75	6–25	50–250	40–200	-	20–200
Bougainvillea	25–75	8–50	50–300	50–200	-	20–200
Cravo	30–100	8–30	50–200	50–200	-	25–200
Crisântemo	25–75	10–50	90–300	50–300	-	15–200
Hortênsia	20–50	6–50	50–300	50–300	-	20–200
Lírio	25–75	8–50	60–200	35–200	-	20–200
Orquídeas	25–75	5–20	50–200	40–200	-	25–200
Roseira	30–60	7–25	60–200	30–200	0,1–0,9	18–100
Violeta	25–75	8–35	50–200	40–200	-	25–100
----- Sacarinas e Amiláceas -----						
Cana-de-açúcar						
Planta	15–50	8–10	200–500	100–250	0,15–0,30	25–30
Soqueiras	?	8–10	80–150	50–125	?	25–30
Mandioca	30–60	6–10	120–140	50–120	?	30–60



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 9A. Exigências de micronutrientes (boro, cloro, cobalto e cobre) para produção das principais culturas. Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	Parte	Quantidade t	B	Cl	Co	Cu
			g			
Cereais						
Arroz	Raízes	1 (m.s.)	30	1.500	-	75
	Colmos	2 (m.s.)	24	8	-	6
	Folhas	2 (m.s.)	34	3	-	5
	Casca	1	13	0,5	-	18
	Grãos	3	6	0,4	-	10
Milho	Grãos	9	40	4.000	-	20
	Restos	6,5	120	68.000	-	50
Trigo	Grãos	3	400	-	-	30
	Palha	3,7	-	-	-	10
Essências Florestais						
Eucalipto	Caule	355 m ³ /ha	1.326	-	-	807
<i>Pinus oocarpa</i>	Acículas	6	-	-	-	-
	Ramos	10	-	-	-	-
	Fuste	86	-	-	-	-
Estimulantes						
Café	Grãos	0,06	1	-	-	0,8
	Casca	0,06 (m.s.)	1	-	-	-
Cacau	Amêndoas	1 (m.s.)	12	-	-	16
	Casca	2	33	-	-	16
Fibrosas						
Algodoeiro	Raízes	0,5 (m.s.)	5	-	-	2
	Parte aérea vegetativa	1,7 (m.s.)	117	-	-	44
	Parte aérea reprodutiva	1,3	43	-	-	13
Forrageiras						
Gramíneas		1 (m.s.)	17	3.305	0,07	6
Leguminosas		1 (m.s.)	44	1.861	0,28	9
Frutíferas						
Laranja	Frutos	1	2	25	0,003	1
Hortaliças						
Alface	Folhas	55.000 plantas	88	-	-	17
Tomate	Frutos	50	140	-	-	70
Leguminosas de Grãos						
Feijão	Grãos	0,9	0,06	-	-	0,01
Soja	Caule, ramos e folhas	5,6 (m.s.)	131	629	-	30
	Grãos	2,4	58	568	-	34
Oleaginosas						
Amendoim	Grãos	1	0,015	-	-	0,01
Sacarinas e Amiláceas						
Cana-de-açúcar	Colmos	100	200	-	-	180
	Folhas	25	100	-	-	90



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 10A. Exigências de micronutrientes (ferro, manganês, molibdênio e zinco) para produção das principais culturas. Fonte: Malavolta et al., 1997.

Cultura	Parte	Quantidade T	Fe	Mn	Mo	Zn
----- g -----						
Cereais						
Arroz	Raízes	1 (m.s.)	600	30	0,3	50
	Colmos	2 (m.s.)	392	96	0,1	101
	Folhas	2 (m.s.)	477	226	0,3	38
	Casca	1	123	57	0,4	147
	Grãos	3	141	52	0,3	30
Milho	Grãos	9	100	50	5	170
	Colmos, folhas	6,5	180	250	3	170
Trigo	Grãos	3	-	90	-	40
	Palha	3,7	-	160	-	50
Essências Florestais						
Eucalipto	Caule	355 m ³ /ha	3.929	18.202	10	388
<i>Pinus oocarpa</i>	Acículas	6	1.400	1.300	-	100
	Ramos	10	700	1.000	-	100
	Fuste	86	2.800	4.400	-	600
Estimulantes						
Café	Grãos	0,06	4	1,2	0,003	0,7
	Casca	0,06 (m.s.)	1,5	0,9	0,002	2,1
Cacau	Amêndoas	1 (m.s.)	80	28	0,04	47
	Casca	2	165	101	0,04	61
Fibrosas						
Algodoeiro	Raízes	0,5 (m.s.)	262	5	0,2	2
	Parte aérea vegetativa	1,7 (m.s.)	1.113	106	1,0	42
	Parte aérea reprodutiva	1,3	316	19	0,2	16
Forrageiras						
Gramíneas		1 (m.s.)	154	142	0,43	26
Leguminosas		1 (m.s.)	288	157	0,33	30
Frutíferas						
Laranja	Frutos	1	7	3	0,008	0,9
Hortaliças						
Alface	Folhas	55.000 plantas	581	216	-	312
Tomate	Frutos	50	-	130	-	160
Leguminosas de Grãos						
Feijão	Grãos	0,9	-	0,015	-	0,03
Soja	Caule, ramos e folhas	5,6 (m.s.)	840	210	2	43
	Grãos	2,4	275	102	11	102
Oleaginosas						
Amendoim	Grãos	1	-	0,005	-	-
Sacarinas e Amiláceas						
Cana-de-açúcar	Colmos	100	2.500	1.200	-	500
	Folhas	25	6.400	4.500	-	220

Exigência de sódio: 43 g para 1 tonelada de laranja; 326 g e 187 g para 1 tonelada de gramíneas e leguminosas forrageiras, respectivamente.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 11A. Fertilizantes com micronutrientes (boro e cobre) comercializados no Brasil . Extrato da legislação vigente. Fonte: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998.

Micro-nutriente	Fertilizante	Garantia mínima	Forma do nutriente	Observações
Boro	Bórax	11% B	Borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ou ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	Solúvel em água
	Ácido Bórico	17% B	Ácido (H_3BO_3)	Solúvel em água
	Pentaborato de sódio	18% B	Borato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$) ou ($\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16}$)	Solúvel em água
	Ulexita	8% B	Borato de sódio ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)	Não solúvel em água 12 a 14% cálcio (Ca)
	Colemanita	10% B	Boro total na forma de borato de cálcio ($\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	Não solúvel em água
	Silicatos	1% B	Boro total – Silicato	Não solúvel em água
	Boro Orgânico	8% B	Boro na forma de éster ou amida	
Cobre	Sulfato de cobre	13% Cu	Sulfato	Solúvel em água 16 a 18% enxofre (S)
	Fosfato cúprico amoniacal	32% Cu	Fosfato de amônio e cobre ($\text{CuNH}_4\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)	34 a 36% P_2O_5 solúvel em CNA + água 5 a 7% de N total
	Cloreto cúprico	16% Cu	Cloreto (CuCl_2)	Solúvel em água 50 a 52% cloro (Cl)
	Óxido cúprico	75%Cu	Óxido (CuO)	
	Óxido cuproso	89%Cu	Óxido (Cu_2O)	
	Silicatos	1% Cu	Cobre total– Silicato	Não solúvel em água
	Quelato de cobre	5% Cu	Ligado a EDTA, HEDTA, Poliflavonóides, ligno-sulfonatos	Solúvel em água
	Nitrato de cobre	22%Cu	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 9% de N
	Carbonato de cobre	48%Cu	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 12A. Fertilizantes com micronutrientes (ferro e manganês) comercializados no Brasil. Extrato da legislação vigente. Fonte: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998.

Micro-Nutriente	Fertilizante	Garantia mínima	Forma do Nutriente	Observações
Ferro	Fosfato ferroso amoniacal	29% Fe	$\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 36 a 38% P_2O_5 5 a 7% N (totais)
	Polifosfato de ferro e amônio	22% Fe	$\text{Fe}(\text{NH}_4)\text{HP}_2\text{O}_7$	55 a 59% P_2O_5 4 a 5% N (totais)
	Sulfato férrico	23% Fe	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	18 a 20% enxofre (S)
	Sulfato ferroso	19% Fe	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 a 11% enxofre (S)
	Silicatos	2% Fe	Fe total – Silicato	Não solúvel em água
	Quelato	5% Fe	Ligado a EDTA, HEDTA, poliflavonóides, ligno-sulfonatos	Solúvel em água
	Nitrato férrico*	11% Fe	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 8% de N
	Cloreto férrico*	16% Fe	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 33% de Cl
	Cloreto ferroso*	23% Fe	$\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 30% de Cl
Carbonato de ferro*	41% Fe	FeCO_3		
Manganês	Sulfato manganoso	26% Mn	$\text{MnSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 14 a 15% enxofre (S)
	Óxido manganoso	41% Mn	Mn total – MnO	Não solúvel em água
	Silicatos	2% Mn	Mn total – Silicato	Não solúvel em água
	Quelato	5% Mn	Ligado a EDTA, HEDTA, poliflavonóides, ligno-sulfonatos	Solúvel em água
	Nitrato de manganês*	16% Mn	$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Solúvel em água 8% de N
	Cloreto de manganês*	35% Mn	MnCl_2	Solúvel em água 45% de Cl
	Carbonato de manganês*	40% Mn	MnCO_3	

* Portaria nº 51 de 24 de abril de 1996.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 13A. Fertilizantes com micronutrientes (molibdênio, zinco e cobalto) comercializados no Brasil Extrato da legislação vigente. Fonte: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1998.

Micro-Nutriente	Fertilizante	Garantia Mínima	Forma do Nutriente	Observações
Molibdênio	Molibdato de amônio	54% Mo	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .2H ₂ O	Solúvel em água 5 a 7% N total
	Molibdato de sódio	39% Mo	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	Solúvel em água
	Trióxido de molibdênio	56% Mo	Mo total – MoO ₃	Não solúvel em água
	Silicatos	0,1%Mo	Silicato	Não solúvel em água
Zinco	Sulfato de zinco	20% Zn	Zn SO ₄ .7H ₂ O	Solúvel em água 16 a 18% enxofre(S)
	Carbonato de zinco	52% Zn	Zn total – ZnCO ₃	Não solúvel em água
	Óxido de zinco	50% Zn	Zn total – ZnO	Não solúvel em água
	Silicatos	3% Zn	Zn total – Silicato	Não solúvel em água
	Quelato de zinco	7% Zn	Ligado a EDTA, HEDTA, poliflavonóides, lignosulfonatos	Solúvel em água
	Nitrato de zinco	18% Zn	Zn (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	Solúvel em água 8% de N
	Cloreto de zinco	40% Zn	ZnCl ₂	Solúvel em água 44% de Cl
	Cobalto	Cloreto de cobalto	34% Co	CoCl ₂ .2H ₂ O
Óxido de cobalto		75% Co	Co total – CoO	Não solúvel em água
Silicatos		0,1% Co	Silicato	Não solúvel em água
Nitrato de cobalto		17% Co	Co (NO ₃) ₂ .6H ₂ O	Solúvel em água 8% de N
Fosfato de cobalto		41% Co	Co (PO ₄) ₂	32% de P ₂ O ₅
Sulfato de cobalto		18% Co	CoSO ₄ . 7 H ₂ O	Solúvel em água 9% de S
Carbonato de cobalto		42% Co	CoCO ₃	
Quelato de cobalto		2% Co	Ligado a EDTA, DTPA, EDDHA, HEDTA,EDDHMA EDDCHA, Poliflavonóides, ligno-sulfonatos, glucomatos e citratos	Solúvel em água



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 14A. Doses de micronutrientes a serem aplicados na cultura do cafeeiro, em função de sua disponibilidade para cada classe de fertilidade e extrator utilizado. Fonte: CFSEMG, 1999 – No prelo.

Micronutriente	Classes de fertilidade			
	Baixa	Média	Adequada	Alta
Boro	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(a) -----			
	< 0,30	0,31–0,70	0,71–1,0	> 1,0
	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(b) -----			
	< 0,20	0,21–0,40	0,41–0,60	> 0,60
Dose (kg de B/ha)	3	2	1	0
Cobre	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(c) -----			
	< 0,5	0,5–1,0	1,1–1,5	> 1,5
	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(d) -----			
	< 0,3	0,3–0,6	0,7–1,0	> 1,0
Dose (kg de Cu/ha)	3	2	1	0
Manganês	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(c) -----			
	< 5,0	5,0–10,0	10,1–15,0	> 15,0
	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(d) -----			
	< 1,0	1,1–2,5	2,6–5,0	> 5,0
Dose (kg de Mn/ha)	15	10	5	0
Zinco	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(c) -----			
	< 2,0	2,0–4,0	4,1–6,0	> 6,0
	-----Teor no solo (mg/dm ³) ^(d) -----			
	< 0,7	0,7–1,1	1,2–1,5	> 1,5
Dose (kg de Zn/ha)	6	4	2	0

^(a) Teor em HCl 0,05 mol/l ou Mehlich 1.

^(b) Teor em água quente.

^(c) Teor em Mehlich-1.

^(d) Teor em DTPA.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 15A. Doses de micronutrientes para a cultura do algodão (EMBRAPA, 1998), arroz de terras altas na região dos cerrados (Bresgello & Stone, eds., 1998), milho (EMBRAPA, 1997), soja (EMBRAPA SOJA, 1999).

----- Algodão -----			
Micronutri- ente	Modo de aplicação	Ingrediente ativo (kg/ha) ^a	Fonte (kg/ha)
Boro	Sulco de plantio	0,5–1,2	4,5–10 Bórax
Zinco	Sulco de plantio	4,5–5,5	20–24 Sulfato de zinco

^a As maiores doses referem-se aos solos de cerrado

----- Arroz -----				
Micronutri- ente	Fertilizante	Teor (%)	Dose via solo (kg/ha)	Dose via foliar (kg/1.000L de água)
Boro	Bórax	11	10–15	2–4
Cobre	Sulfato de cobre	26	20–25	2–4
Ferro	Sulfato ferroso	20	---	10–16
Manganês	Sulfato de manganês	27	10–15	2–4
Molibdênio	Molibdato de amônio	54	0,5–1,0	0,5–1,0
Zinco	Sulfato de zinco	23	20–30	2–5

----- Milho -----			
Micronutri- ente	Modo de aplicação	Ingrediente ativo (kg/ha)	Fonte (kg/ha)
Zinco	Sulco de plantio	2	8,7 Sulfato de zinco
Zinco	Sulco de plantio	2	2,5 Óxido de zinco ⁽¹⁾
Zinco	a lanço	9 ⁽²⁾	40 Sulfato de zinco
Zinco	a lanço	9 ⁽²⁾	11,2 Óxido de zinco ⁽¹⁾
Zinco	pulverização ⁽³⁾	---	400 L/ha de solução a 0,5% de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25% de cal extinta
Boro	Sulco de plantio	0,7 a 1,0	6,4 a 9,0 Bórax

⁽¹⁾ A eficiência do óxido de zinco finamente moído deve ser semelhante à do sulfato de zinco.

⁽²⁾ Essa quantidade distribuída a lanço deve ser suficiente para quatro colheitas sucessivas.

⁽³⁾ Quando a deficiência ocorre com a cultura em desenvolvimento.

----- Soja -----				
Teor no solo	Micronutriente			
	Boro	Cobre	Manganês	Zinco
	----- kg/ha -----			
Baixo	1,5	2,5	6,0	6,0
Médio	1,0	1,5	4,0	5,0
Alto	0,5	0,5	2,0	4,0

Observações: As doses recomendadas podem ser aplicadas utilizando-se de fontes solúveis ou insolúveis em água. O efeito residual dessa recomendação atinge, pelo menos, um período de 5 anos. Para reaplicação de qualquer um desses micronutrientes recomenda-se a análise foliar como instrumento indicador. A aplicação de micronutrientes no sulco de plantio tem sido bastante utilizada pelos produtores; neste caso aplica-se 1/3 da recomendação a lanço por um período de três anos consecutivos. No caso do Molibdênio (Mo) e cobalto (Co), recomenda-se o tratamento de sementes com as doses de 12 a 30 g/ha de Mo e 2 a 3 g/ha de Co, com produtos de alta solubilidade.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 16A. Recomendações de adubação com micronutrientes para o Estado de Goiás. Fonte: CFSEG, 1988.

Cultura	Dose	Modo de aplicação
Alface	2 kg de B/ha 4 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio das mudas
Algodão	2 kg de Zn/ha 1,0–1,5 kg B/ha	Aplicado no sulco de plantio
Alho	2 kg de B/ha 4 kg de Zn/ha 4 kg de Cu/ha	Aplicar no plantio. Reduzir estas quantidades à metade, se estes nutrientes tiverem sido aplicados no cultivo anterior; dispensar esta adubação, se tiver sido aplicada nos dois últimos cultivos
Arroz de sequeiro	3 a 5 kg de Zn/ha	Aplicar no sulco de plantio, a cada 2 ou 3 anos
Arroz irrigado por aspersão	5 kg de Zn/ha	Aplicar no sulco de plantio sempre que fizer calagem
Bananeira	2g Zn por família por ano	
Batata	2 kg de B/ha 4 kg de Zn/ha	Dispensar esta adubação se estes nutrientes tiverem sido aplicados nos dois últimos anos
Beterraba	2 kg de B/ha	Dispensar esta adubação se estes nutrientes tiverem sido aplicados nos dois últimos anos
Café		
Plantio	2,5 g de Zn/cova 1 g de B/cova	O boro é suficiente até o 3º ano de cultivo
Crescimento e formação	Sulfato de zinco (0,6%) e/ou ácido bórico (0,3%)	No caso de aparecimento de deficiência, via pulverização
Produção	3 kg de sulfato de zinco/ha 2 a 6 g de Zn/planta 10 a 30 g de bórax /planta	Via pulverização Em solos arenosos
Cebola e tomate	2 kg de B/ha 4 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio Mesmo comentário para alho
Cenoura	3 kg de B/ha	Esta aplicação é dispensável se este nutriente tiver sido utilizado nos dois cultivos anteriores
Citros		
Plantio	1,5 g de Zn/cova	
Crescimento e produção	Sulfato de zinco (0,5%) Bórax (0,1%)	3 a 4 pulverizações por ano, sendo a primeira no início da brotação, e as demais, espaçadas 30 dias No início da brotação
Couve-flor	4 kg de B/ha Molibdato de sódio (200 g/ha)	No plantio Pulverizar a sementeira uma semana antes do transplante e, após este, repetir a pulverização da cultura por três vezes, utilizando-se até 400g/ha por aplicação
Eucalipto	1,5 g de Zn + 1,5 g de B/cova	No plantio

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 16A. Continuação

Cultura	Dose	Modo de aplicação
Feijão (da seca)	Em kg/ha: 2,5 de Zn + 1,0 de B + 0,6 de Cu + 1,0 de Fe + 1,2 de Mn + 0,1 de Mo + 0,05 de Co	Aplicar no sulco de plantio a cada três anos
Feijão (irrigado)	Em kg/ha: 5,0 de Zn + 2,0 de B + 1,2 de Cu + 2,0 de Fe + 2,4 de Mn + 0,2 de Mo + 0,1 de Co	Aplicar no sulco de plantio a cada três anos
Mandioca	4 a 5 kg de Zn/ha	Para o 2º cultivo, aplicar a metade dessa dose
Milho (grão)	2,5 kg de Zn/ha	Aplicar no sulco de plantio
Milho e sorgo (silagem)	3 a 5 kg de Zn/ha	Aplicar no sulco de plantio
Pastagens		
Formação	3 a 5 kg de Zn/ha	
Capineiras	2 kg de Zn/ha	Anualmente
Pepino	1 kg de B + 2 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio Mesmo comentário para alho
Pimentão	2 kg de B + 4 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio Mesmo comentário para batata
Pinus	1,5 g de B/planta	Aplicar por ocasião do plantio ou em cobertura 1 mês após
Repolho	2 kg de B/ha	Aplicar por ocasião do plantio
Seringueira	Sulfato de zinco (0,5%) + Sulfato de cobre (0,3%) + Ácido bórico (0,25%) ou bórax (0,5%)	Não associar o bórax com outros produtos químicos para pulverização
Soja	5 kg de Zn/ha	Aplicar no sulco de plantio no 1º ano. Repetir no 4º e 5º ano de cultivo
Sorgo	2,5 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio
Tomate	2 kg de B e 4 kg de Zn/ha	Aplicar no plantio Mesmo comentário para alho
Trigo	0,65 a 1,3 kg de B/ha	Aplicar no sulco de plantio para controle do chochamento dos grãos



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 17A. Recomendações de adubação com micronutrientes para o Estado de Minas Gerais. Fonte: CFSMG, 1999

– No prelo		
Cultura	Dose	Condições
Arroz de sequeiro e irrigado	2 a 4 kg de Zn/ha	Em áreas com teor de Zn < 1 mg/dm ³ (extrator Mehlich 1)
Alface	---	Ver hortaliças geral
Alface em ambiente protegido	1 kg de B e 3 kg de Zn/ha	Adubação de plantio
Alho	3 kg de B e 3 a 5 kg de Zn/ha	Adubação de plantio
Algodão	1 kg de B/ha	No sulco de plantio, em solos corrigidos, arenosos e baixos em matéria orgânica
Batata	---	Ver hortaliças geral
Brócolos	---	Ver hortaliças geral
	Molibdato de sódio ou amônio (1g/L)	Aplicar via foliar
Café		
Plantio	0,6 a 1,0 g de boro e 1,0 a 2,0 g de zinco por cova ou metro de sulco	
Produção	15 a 20 g de bórax ou 10 a 15 g de ácido bórico por cova por ano	Em solos deficientes em boro, aplicado na superfície no início das chuvas
	Ácido bórico (3 a 5 g/L)	Em solos com teores intermediários de boro, 2 a 4 aplicações foliares
	20 a 30 g de sulfato de zinco ou 10 a 15 g de óxido de zinco	Em cobertura no início das chuvas, nos solos de textura arenosa e média
	Sulfato de zinco (5 g/L)	Em solos argilosos, via foliar, através de 2 a 4 aplicações anuais e espaçadas. A adição de KCl a 3 g/L à calda de sulfato de zinco, melhora a sua absorção podendo reduzi-la a 3 g/L.
	Sulfato manganoso (5 a 10 g/L)	Em solos com pH elevado e com grandes produtividades. Através de 2 a 4 aplicações foliares por ano.
	Sulfato ferroso (10 g/L)	Em solos com pH elevado e com grandes produtividades. Em pulverização.
	Ácido bórico + sulfato de zinco + cloreto de potássio + oxiclreto de cobre (3 g/L de cada produto) + espalhante adesivo (0,5 g/L)	No caso de deficiência conjunta de B, Zn e Cu. Para controle da ferrugem aumentar para 10 g/L de oxiclreto de cobre
Cana-de-açúcar	2 a 5 kg de Mn, Zn e Cu/ha	Em áreas deficientes em micronutrientes
Cebola	---	Ver hortaliças geral
Cenoura	1 a 2 kg de B e 2 a 3 kg de Zn/ha	Em solos deficientes
Citrus	Zn e Mn	Aplicar, via foliar, solução com no máximo 15 g de sais/L, quando as brotações estiverem com um terço do tamanho final.
	80 g de bórax/planta	Aplicado ao solo

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 17A. Continuação

Cultura	Dose	Condições
Couve-flor		
Viveiro	Molibdato de sódio ou de amônio (1g/L)	Fazer duas aplicações, usando 1L para 4 m ² de viveiro
No campo	Molibdato de sódio ou de amônio (1 g/L)	2 a 3 vezes de maneira a fornecer 2,5 kg do sal por hectare em cada aplicação
Cravo	1 a 2 g de B/m ²	Em caso de deficiência de boro
Eucalipto	5 g de sulfato de zinco/cova 10g de bórax/planta	Na cova de plantio Em cobertura, junto com o N e/ou K
Feijão	1 kg de B e/ou 2 a 4 kg de Zn/ha 60 g de Mo/ha (154 g de molibdato de sódio ou 111 g de molibdato de amônio/ha)	Constatando-se deficiência desses micronutrientes Aplicação foliar entre 15 e 25 dias após a emergência
Feijão de vagem	Molibdato de amônio (0,4 g/L)	Aplicação foliar antes do florescimento
Fumo	1,5 g de FTE BR 10/cova	
Girassol	1 kg de B e/ou 2 a 4 kg de Zn/ha	Em solos deficientes
Hortalças (geral)	15 kg de sulfato de zinco + 10 kg de bórax + 10 kg de sulfato de cobre + 0,5 kg de molibdato de amônio/ha 2 kg de sulfato de zinco + 1 kg de bórax + 1 kg de sulfato de cobre + 0,25 kg de molibdato de sódio/ha	Em solos não adubados com micronutrientes nos últimos anos Pulverizações foliares, especialmente nas culturas mais exigentes
Macieira	ZnSO ₄ .7H ₂ O (2 g/L) Ácido bórico (4g/L) ou Solubor (2 g/L)	Duas a cinco pulverizações quinzenais. Com altas temperaturas adicionar Ca(OH) ₂ (2g/L) para evitar fitotoxidez Duas ou três pulverizações quinzenais
Mamoeiro	5 g de bórax e/ou 10 g de sulfato de zinco/cova	Em solos comprovadamente deficientes
Mamona	5 kg de Zn/ha	Se houver constatação de deficiência
Mandioca	5 kg de Zn/ha	Em solos com deficiência de zinco
Marmeleiro	---	Ver macieira
Melão	5 g de cloreto de cálcio e 1,5 g de ácido bórico	Pulverizações foliares a partir do aparecimento dos frutos e a intervalos de 10 dias
Milho (grãos e silagem)	1 a 2 kg de Zn/ha	Em solos deficientes
Milho verde	3 a 5 kg de Zn/ha	Adubação de plantio
Morango	Ácido bórico (1,5 g/L)	Três aplicações, a cada semana, durante o florescimento, caso haja produção de frutos deformados

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 17A. Continuação

Cultura	Dose	Condições
Nogueira pecã	130 g de sulfato de zinco/planta	Aplicado em outubro
Pepino	1 kg de B e 3 kg de Zn/ha	Em solos deficientes
Pereira	---	Ver macieira
Pimentão	---	Ver hortaliças geral
Repolho	Especialmente B no solo e Mo via foliar	Ver hortaliças geral
Roseira	150 kg de bórax/ha	Em solos deficientes
Seringueira		
Mudas em sacolas plásticas (6 dm ³)	0,5 g de B + 0,5 g de Cu + 2,5 g de Zn/m ³ de substrato	Em solos deficientes
Mudas em viveiro a pleno sol	0,1 g de B + 0,1 g de Cu + 0,5 g de Zn por 10 m de sulco	Em solos deficientes
Formação e produção	0,1 g de B + 0,1 g de Cu + 0,5 g de Zn por planta	Em solos deficientes
Sorgo (grãos e silagem)	1 a 2 kg de Zn/ha	Em solos deficientes
Tomate		
Rasteiro ou tutorado	2 a 3 kg de B e 4 kg de Zn/ha no sulco	Em solos de baixa fertilidade
Em ambiente protegido	1 kg de B e 3 kg de Zn/ha	Adubação de plantio
Trigo	0,65 a 1,3 kg de B/ha	Aplicar na forma de bórax ou “fritas”, em áreas inferiores a 800 m onde existe risco de chochamento
Videira	4 g de uréia + 4 g de ácido bórico/L	Duas a três aplicações, via foliar, após a colheita, beneficia a próxima brotação e fecundação das flores



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 18A. Recomendações de adubação foliar e do solo para algumas culturas nos Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Fonte: CFS-SC/CS, 1995.

Cultura	Composição	Modo de aplicação
Citrus	ZnSO ₄ .7H ₂ O (3g/L) + MnSO ₄ .4H ₂ O (2 g/L) + MgSO ₄ .7H ₂ O (20 g/L) + Bórax (Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O) (1 g/L) + Ade- sivo 1ml/L)	Pomares em formação: 3 a 4 aplicações no período de vegetação. Pomares em produção: 2 aplicações, sendo a primeira na época do florescimento, logo após a queda das pétalas, junto ao tratamento fitossanitário.
Macieira e Pereira	ZnSO ₄ (0,2%) ou fungicidas à base de zinco. Sob condições de altas temperaturas adicionar Ca(OH) ₂ (0,2%) para evitar fitotoxicidade Bórax (0,4%) ou solubor (0,2%)	2 a 5 pulverizações quinzenais 2 a 3 pulverizações quinzenais, iniciadas quando os frutos atingirem 1 cm de diâmetro
Nogueira pecã	ZnSO ₄ .7H ₂ O (4 g/L) + MnSO ₄ .4H ₂ O (2 g/L) + MgSO ₄ .7H ₂ O (20 g/L) + Adesivo (1ml/L)	2 pulverizações por ano, uma em setembro, outra em fevereiro
Alfafa	20 kg de bórax/ha	No início da primavera
Couve-flor	3 g de molibdato de amônio/m ² na sementeira + 2g de bórax/m ² na sementeira e no viveiro	Dependendo do desenvolvimento da cultura na área
Soja	8 a 10 g de molibdênio/ha	Junto às sementes no solo São Pedro



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 19A. Recomendações de adubação com micronutrientes (cereais, estimulantes, fibrosas, frutíferas) para o Estado de São Paulo. As condições de interpretação de análise de solos para cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mg) são do extrator DTPA e, para o boro (B) no extrator água quente. Fonte: Raij et al., (ed.) 1996.

Cultura	Dose	Condições
----- Cereais -----		
Arroz de sequeiro	3 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Arroz irrigado	5 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Aveia, centeio, cevada, trigo, triticale	3 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	1 kg de B/ha	< 0,21 mg/dm ³ de B
Milho p/ grãos e silagem, milho pipoca, milho verde, milho doce, sorgo	4 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
----- Estimulantes -----		
Cacau		
Plantio	3 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
Produção	4 kg Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	2 kg Zn/ha	0,7 a 1,5 mg/dm ³ de Zn
Cafê		
Plantio	1 g de B/m	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
	0,5 g de B/m	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	1g de Cu/m	0 a 0,2 mg/dm ³ de Cu
	2g de Mn/m	0 a 1,5 mg/dm ³ de Mn
	2g de Zn/m	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	1g de Zn/m	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
		Reduzir a quantidade de boro pela metade em solos com menos de 350 g/kg de argila
Produção	2 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	2 kg de Mn/ha	0 a 1,5 mg/dm ³ de Mn
	2 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	1 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 19A. Continuação

Cultura	Dose	Condições
----- Fibrosas -----		
Algodão	3 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	0,5 kg de B/ha	< 0,61 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	< 0,21mg/dm ³ de B
	0,5 a 1 kg de B/ha	solos arenosos, pobres em matéria orgânica, 0,21a 0,60 mg/dm ³ de B
----- Frutíferas -----		
Acerola (plantio)	3 g de Zn/cova	
Banana		
Plantio	5 kg Zn/ha	< 1,3 mg/dm ³ de Zn
Produção	25 g de sulfato de zinco e 10g de ácido bórico, no orifício aberto do rizoma, por ocasião do desbaste	Aplicar o zinco quando constatada a deficiência nas folhas
Citrus		
Plantio	1 g de B/m linear 2 g de Zn/m linear	0 a 0,20 mg/dm ³ de B 0 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Produção	2 kg de B/ha, na forma de ácido bórico	Em pomares com sintomas intensos de deficiência, juntamente com herbicidas de contato, parcelando em duas aplicações anuais
Goiaba (plantio)	3 g de Zn/cova	
Manga (plantio)	5 g de Zn/cova	
Maracujá		
Plantio	4 g de Zn + 1 g de B/cova	
Produção	4 kg de Zn/ha 1 kg de B/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn < 0,21mg/dm ³ de B
Uvas finas (produção)	1,5 kg de B/ha, após a poda	< 0,21mg/dm ³ de B
Uvas rústicas (produção)	2,5 kg de B/ha, após a poda	< 0,21mg/dm ³ de B



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 20A. Recomendação de adubação (hortaliças, leguminosas e oleaginosas, ornamentais e flores, raízes e tubérculos, outras culturas industriais) com micronutrientes para o Estado de São Paulo. As condições para interpretação de análise de solos para cobre (Cu), zinco (Zn), e manganês (Mn) são no extrator DTPA, e para boro (B) no extrator água quente. Fonte: Raij et al., (ed.), 1996.

Cultura	Dose	Condições
----- Hortaliças -----		
Abobrinha ou abóbora de moita, abóbora rasteira,	1 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
Moranga, bucha e pepino	4 kg de Cu/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de Cu
	2 kg de Cu/ha	0,3 a 1,0 mg/dm ³ de Cu
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Aipo e salsaão	3 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1,5 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Alface, almeirão, chicórea, escarola, rúcula, agrião d'água	1 kg de B/ha	
Alcachofra	2 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
Alho	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de B/ha	
	cerca de 10 dias antes do plantio	
Alho porro e cebolinha	1 kg de B/ha	
	pelo menos 10 dias antes do transplante	
Aspargo	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Berinjela, jiló, pimenta-hortícola e pimentão	3 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	1 kg de B/ha	
Beterraba	2 a 4 kg de B/ha	
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Cenoura, nabo e rabanete	1 a 2 kg de B/ha	
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Brócolos, couve-flor e repolho	3 a 4 kg de B/ha	
Cebola	2 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	4 kg de Cu/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de Cu
	2 kg de Cu/ha	0,3 a 1,0 mg/dm ³ de Cu
	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Couve-manteiga e mostarda	2 kg de B/ha	
Feijão-vagem, feijão-fava, feijão-de-lima, ervilha de vagem	1 kg de B/ha	< 0,20 mg/dm ³ de B
Melão e melancia	1 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Quiabo	1 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 20A. Continuação

Cultura	Dose	Condições
Hortaliças (continuação)		
Tomate (estaqueado)	3 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Tomate rasteiro (industrial) irrigado	1,5 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	3 kg de Zn/ha	0 a 0,6 mg/dm ³ de Zn
Leguminosas e oleaginosas		
Amendoim	100 g de molibdato de amônio para 100 - 120 kg de sementes	
Feijão	3 kg de Zn/há	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	1 kg de B/há	< 0,21 mg/dm ³ de B
Girassol	1 kg de B/há	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	0,5 kg de B/há	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
Soja	5 kg de Mn/há	até 1,5 mg/dm ³ de Mn
	5 kg de Zn/há	Solos com deficiência de Zn
	e/ou 2 kg de Cu/ha	e/ou de Cu
	e/ou 1 kg de B/ha	e/ou de B
	50 g de molibdato de amônio	Solos com impossibilidade de aplicar calcário
Ornamentais e flores		
Amarilis	1 kg de B/ha	0 a 0,6 mg/dm ³ de B
	6 kg de Mn/ha	0 a 1,2 mg/dm ³ de Mn
	4 kg de Zn/ha	0 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Gladiolo	2 kg de B/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	4 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Raízes e tubérculos		
Batata	2 kg de B/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
Mandioca	4 kg de Zn/ha	< 0,6 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Mandioquinha	2 kg de B/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
Outras culturas industriais		
Cana-de-açúcar	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	4 kg de B/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
Pupunha	2 kg de B/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de B
	1 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
Seringueira (plantio)	5 g de Zn/cova	< 0,6 mg/dm ³ de Zn



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 21A. Recomendação de adubação (florestais e forrageiras) com micronutrientes para o Estado de São Paulo. As condições para interpretação de análise de solos para cobre (Cu), zinco (Zn), e manganês (Mn) são no extrator DTPA, e para boro (B) no extrator água quente. Fonte: Raij et al., (ed.), 1996.

Cultura	Dose	Condições
----- Florestais -----		
Viveiro de mudas (Eucaliptus, Pinus, espécies da Mata Atlântica)	150 a 200 g de FTE BR-12 ou equivalente por m ³ de terra de subsolo	
Florestamentos homogêneos com Eucalyptus e Pinus	1 kg de B/ha 1,5 kg de Zn/ha	< 0,21 mg/dm ³ de B < 0,60 mg/dm ³ de Zn
Reflorestamentos mistos com espécies típicas da Mata Atlântica	1 kg de B/ha 1 kg de Zn/ha	< 0,21 mg/dm ³ de B < 0,60 mg/dm ³ de Zn
----- Forrageiras -----		
Pastagens de gramíneas exigentes e moderadamente exigentes quanto à fertilidade do solo	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Pastagens de gramíneas pouco exigentes quanto à fertilidade do solo	2 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
Capineiras e gramíneas para fenação	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
Leguminosas forrageiras e pastagens consorciadas	3 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
	2 kg de Cu/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de Cu
	1 kg de Cu/ha	0,3 a 0,8 mg/dm ³ de Cu
	1 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
Alfafa	0,5 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B
	5 kg de Zn/ha	0 a 0,5 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Zn/ha	0,6 a 1,2 mg/dm ³ de Zn
	3 kg de Cu/ha	0 a 0,2 mg/dm ³ de Cu
	1 kg de Cu/ha	0,3 a 0,8 mg/dm ³ de Cu
	1,5 kg de B/ha	0 a 0,20 mg/dm ³ de B
	1,0 kg de B/ha	0,21 a 0,60 mg/dm ³ de B

Observação: Para leguminosas exclusivas, pastagem consorciada e alfafa, aplicar 50 g de Mo/ha, via revestimento de semente.



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 22A. Recomendação de adubação foliar com micronutrientes para algumas culturas. Fonte: Raij et al., (eds.), 1996; * Galvão, 1994; ** Mascagni & Cox, 1984.

Cultura	Composição	Modo de aplicação
Abacate	Uréia (5 g) + sulfato de zinco (5 g) + sulfato de manganês (2,5 g) + ácido bórico (1 g)/L	Pulverizar durante os fluxos de primavera e verão
Aipo ou salsão	Ácido bórico a 0,3 g ou bórax a 0,5 g/L (dissolvido em água quente)	Pulverizar uma vez por mês durante o crescimento, caso haja sintomas
Algodão	0,15 a 0,18 kg de boro por hectare por vez (baixo volume)	No mínimo 4 pulverizações sucessivas durante o florescimento
Beterraba	Molibdato de amônio (0,5 g/L)	Pulverizar aos 15 e 30 dias após a semeadura ou o transplante das mudas
Brócolos, couve-flor e repolho	Ácido bórico (1 g/L) Molibdato de amônio (0,5 g/L)	Pulverizar as folhas três vezes no ciclo Pulverizar aos 15 dias após o transplante
Cafê	Sulfato de zinco (6 g/L) Sulfato de manganês (10 g/L) Ácido bórico (3 g/L)	Aplicar em novembro e fevereiro Se não for aplicado boro no solo
Citrus	Sulfato de zinco (3,5 g) + Sulfato de manganês (2,5 g) + Ácido bórico (1,0 g) + Uréia (5,0 g)/L	Pomares com menos de 4 anos: 3 a 4 pulverizações anuais no período das chuvas. Em produção: 2 aplicações
Couve-manteiga e mostarda	Molibdato de amônio (0,5 g/L)	Pulverizar 20 dias após o transplante. Para couve, repetir a cada 20 a 30 dias após a colheita das folhas desenvolvidas
Crisântemo	1,0 g de N + 0,5 g de K ₂ O + 10 mg de Mn + 2 mg de B + 1 mg de Zn/L	A partir de 40 dias após o plantio, via fertirrigação, a cada 10 dias, aplicando 5 L/m ²
Feijão-vagem, feijão-fava, feijão-lima	Molibdato de amônio (0,2g/L)	Duas pulverizações até a floração

(continua)



MICRONUTRIENTES

Filosofias de Aplicação e Eficiência Agronômica

Tabela 22A. Continuação

Cultura	Composição	Modo de aplicação
Gloxínia	100 mg de N + 100 mg de K ₂ O + 2 mg de B + 1 mg de Zn/L	Trinta dias após o envasamento, irrigando as plantas
Manga	Sulfato de zinco (3 g) + ácido bórico (1 g)/L	Por ocasião do primeiro tratamento fitossanitário, visando à proteção da florada, antes da emissão da panícula. Repetir quando houver um fluxo novo de brotação
Maracujá	300 g de sulfato de zinco + 100 g de ácido bórico + 500 g de uréia/100L de água 10 g de molibdato de amônio/ 100L de água	Três pulverizações (outubro, janeiro e abril) Caso haja deficiência de molibdênio
Uvas finas e rústicas	1 g de ácido bórico/L, por vez	Aplicada em três vezes antes do florescimento, de 7 em 7 dias
Violeta africana	100 mg de N + 100 mg de K ₂ O + 2 mg de B + 1 mg de Zn/L	Trinta dias após o envasamento, irrigando as plantas
Milho *	Sulfato de zinco (23% Zn), 1 kg/100 L	Pulverização na 3 ^a e 5 ^a semanas após a emergência
Milho **	Sulfato de manganês (0,6 kg/100 L)	Pulverização no estágio de 4 e 8 folhas

