

6. Fertilidade do solo e nutrição de plantas

Leandro Hahn¹ e Juscimar Silva²

¹Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina - Estação Experimental de Caçador
leandrohahn@epagri.sc.gov.br

²Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Hortalças
juscimar.silva@embrapa.br.

1. Introdução

O manejo da fertilidade do solo e a nutrição do tomateiro são áreas importantes para o bom desempenho do cultivo no Sistema de Produção Integrada do Tomate Tutorado de Mesa (Sispit). A tomada de decisão sobre a correção do solo, a adubação no plantio e a fertirrigação é fundamentada principalmente na análise química do solo. Para isso, utiliza-se como auxílio a análise do tecido vegetal e a curva de acúmulo de nutrientes e matéria seca das plantas. Como o tomateiro é cultivado em diferentes regiões do país, o uso destas ferramentas é fundamental para aumentarmos as probabilidades de respostas às adubações que terão reflexos diretos nos ganhos de produtividade.

Embora localizadas nas faixas tropical e subtropical do globo, nas quais os processos de intemperismo dos solos são mais acentuados, levando ao seu empobrecimento químico, as áreas tradicionalmente produtoras de tomate já apresentam seus solos com fertilidade construída. Ao longo de vários anos de cultivo e a partir do uso de doses altas e continuadas de adubos, os teores de nutrientes disponíveis no solo ficam próximos do valor de nível crítico, às vezes, atingindo valores bem acima.

Assim, as recomendações de adubação devem ser aperfeiçoadas, levando-se em consideração, além dos teores de nutrientes disponíveis no solo, outras variáveis importantes para o manejo mais assertivo, mais equilibrado da nutrição, como, por exemplo, a taxa de extração e exportação de nutrientes pelo tomateiro.

O papel da matéria orgânica do solo (MOS) na qualidade química, física e biológica do solo deve ser destacada e, por isso, as práticas de manejo que visam à sua preservação ou complementação são fundamentais. Para isso, as técnicas de plantio direto ou o cultivo com o mínimo de revolvimento do solo são essenciais para a manutenção da MOS e as características químicas e físicas dele.



A forma de restituição dos nutrientes ao solo com vistas a promover uma correta nutrição do tomateiro deve estar sempre atrelada a práticas de manejo que visem aumentar a eficiência da adubação, minimizando as perdas que podem ocorrer pelas interações do nutriente com os minerais do solo, pela volatilização ou pela lixiviação.

Nesse sentido, o parcelamento da adubação em cobertura por meio da fertirrigação é uma prática a ser implantada por técnicos e produtores. Tanto o tomate em cultivo a campo quanto em ambiente protegido pode ser fertirrigado, tendo em vista o aumento da eficiência no uso dos nutrientes pelas plantas e o menor risco de poluição ambiental.

2. Manejo do solo

O solo para o cultivo do tomateiro deve ser preparado de forma a permitir o crescimento das plantas, por meio do bom desenvolvimento radicular. Devido ao trânsito de implementos agrícolas nas áreas de produção, a perda da qualidade física é verificada ao longo do tempo. A compactação do solo é a variável física que merece destaque, uma vez que pode limitar o desenvolvimento radicular, favorecer o acúmulo superficial de água e limitar o fluxo difusivo de nutrientes ao longo do perfil do solo.

Para preservar a qualidade física, na estratégia de manejo do solo deve-se optar por métodos conservacionistas, caracterizados por preparos com mínimo ou nulo revolvimento. No primeiro caso, por exemplo, são utilizados implementos sobre os resíduos da cultura anterior, com o revolvimento mínimo necessário para o cultivo seguinte.

Por isso, antes de iniciar o cultivo e decidir qual o preparo a ser adotado, recomenda-se fazer uma avaliação das condições físicas do solo, para verificar se há camadas de solo compactadas, principalmente nas profundidades superiores a 30 cm. Constatada a presença de camadas compactadas, deve-se lançar mão de escarificadores ou subsoladores (Figura 1).



Figura 1. Subsologem para descompactação do solo

Foto: Leandro Hahn

Solos compactados têm o movimento de água reduzido ao longo do perfil, devido à diminuição da porosidade. Essa alteração no fluxo difusivo afeta sobremaneira a mobilidade de nutrientes. Por isso, é importante o monitoramento periódico da área cultivada, por exemplo, com avaliações a cada 3 ou 4 ciclos de preparo.

As recomendações anteriores são importantes mesmo que na área seja adotado o sistema de plantio com elevação de canteiros, com ou sem cobertura com *mulch* de plástico.

3. Preparo do solo

O preparo tem por objetivo melhorar as condições físicas e químicas do solo, bem como facilitar o plantio. Isso significa realizar a incorporação dos corretivos da acidez em quantidades e na profundidade adequadas e melhorar as condições físicas do solo. O preparo do solo deve ser feito, no mínimo, com 90 dias de antecedência ao plantio.

As etapas no preparo do solo, para uma boa lavoura de tomate, em geral, compreendem:

- a aplicação da metade da dose total de calcário;
- subsolagem do terreno até a profundidade de 40 cm;
- limpeza do terreno, retirando raízes, tocos e pedras;
- primeira aração na profundidade de correção pretendida de 20 cm, seguida de gradagem;
- aplicação do restante do calcário;
- segunda aração e gradagem;
- semeadura da cobertura vegetal;
- e, por fim, uma gradagem leve para incorporação das sementes da cobertura vegetal.

O sistema de cultivo de tomate precisa garantir a preservação ambiental e utilizar um conjunto de práticas preconizadas no Sispit. Nesse sistema, utiliza-se o preparo do solo de cultivo sobre a cobertura verde ou cobertura morta, irrigação por gotejamento e a adubação de cobertura por fertirrigação. O cultivo sobre cobertura verde ou palha é uma técnica que propicia o maior controle de erosão e diminuição de respingo do solo, evitando o favorecimento da propagação de doenças, além das plantas terem melhorias na condição de umidade e de população microbiana benéfica no solo.



Quando o plantio é feito sobre cobertura vegetal, os sulcos para a adubação e o plantio devem ser preparados de duas a três semanas antes do plantio, para melhor incorporação e mistura dos adubos minerais ou orgânicos, que ficarão concentrados nos sulcos. Ressalta-se a semeadura da cobertura vegetal deve ser planejada para que o plantio do tomate ocorra quando a cultura se encontra na fase final do crescimento. Nessa fase, não é necessária sua dessecação, pois é tombada pelo movimento das máquinas e trabalhadores.

É importante destacar que o sistema de plantio do tomate sobre cobertura vegetal é uma técnica de grande utilidade para a preservação do solo. Isto porque está associada ao uso racional e eficiente da irrigação por gotejamento e fertirrigação, à utilização de tratos culturais baseados em critérios técnicos definidos e ao adequado manejo pela mínima mobilização mecânica da superfície do solo, procurando mantê-lo coberto por cultivos sucessivos durante todo o ano através de uma rotação de cultura racional.

No Sul do Brasil, a cobertura vegetal com aveia é a melhor indicação para o cultivo do tomate na safra de verão (Figura 2). Sementes de aveia estão facilmente disponíveis a baixo custo; a cultura é de rápido desenvolvimento no inverno e de longa persistência no tomate, pela alta relação carbono/nitrogênio do resíduo. Nessa cobertura, o tomate é implantado com abertura de sulcos, necessitando de uma máquina com disco de corte da palhada e um sulcador. Alternativamente, quando o solo já está com a fertilidade e a acidez corrigidas, todo o fertilizante da hortaliça pode ser aplicado na implantação da planta de cobertura, em área total ou em sulcos que receberão as plantas de tomate (Figura 3). Nesse caso, há muito pouco ou nenhum revolvimento do solo.



Figura 2. Máquina tracionada por trator para corte da palhada e demarcação das linhas de plantio de tomate em plantio direto

Fotos: Leandro Hahn



Figura 3. Implantação de tomate direto na palha, sem abertura de sulcos

Fotos: Leandro Hahn

Já nos cultivos de tomate no período de inverno, o milho é a cobertura vegetal de verão comumente mais utilizada pelos produtores (Figura 4). Tanto o milho quanto a aveia como culturas de cobertura são preferenciais, por serem gramíneas e, quando manejadas na fase do florescimento em diante, permanecem sobre o solo até a colheita do tomate. Dessa maneira, protegem o solo contra a perda de solo, água e nutrientes em quase todo o ciclo do tomate.

Na Epagri, Estação Experimental de Caçador, comparou-se em duas safras a produção de tomate implantada nos sistemas de plantio convencional e plantio direto em quatro coberturas de solo (aveia, nabo, aveia consorciada com nabo e pousio). Verificou-se que a produtividade de frutos comerciais e Extra AA (os de maior calibre e valor comercial) e a massa média dos frutos foram

superiores no plantio direto de tomate em comparação ao plantio convencional (Tabela 1). As plantas de cobertura de solo de inverno, aveia, nabo, aveia + nabo ou o pousio, não interferiram nos parâmetros de produção. Nesse caso, sugere-se o uso da aveia por permitir uma cobertura mais prolongada do solo.

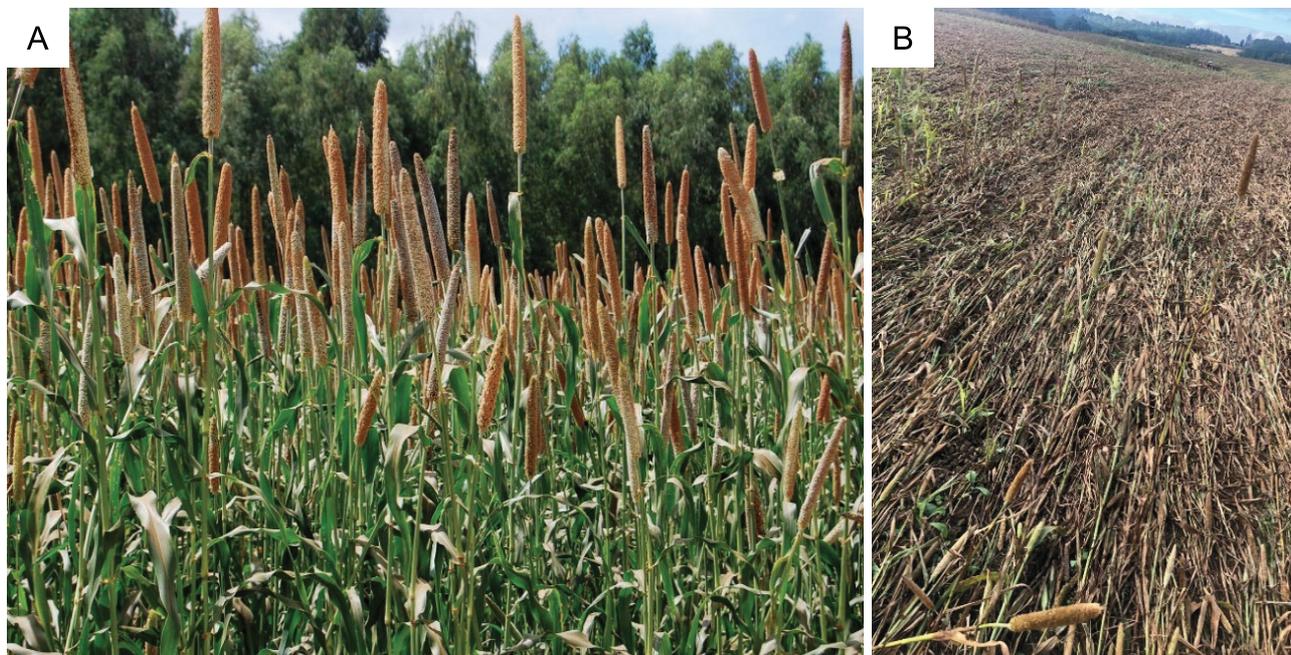


Figura 4. Área com cobertura do solo com milho, antes de ser dessecada para plantio direto (A); Milheto tombado para transplante das mudas de tomate em plantio direto (B)

Fotos: Leandro Hahn

TABELA 1. Produtividade de frutos do tomateiro e massa média de frutos em função do sistema de plantio e da cobertura de solo de inverno

NÍVEIS DOS FATORES	----- PRODUTIVIDADE DE FRUTOS (t ha ⁻¹) -----					Massa média de frutos
	Total	Comercial	Extra AA	Extra A	Descarte	Comercial (g)
SISTEMA DE PLANTIO						
Plantio convencional	104,3 ^{ns}	97,3 B	77,2 B	20,0 A	6,9 ^{ns}	196,5 A
Plantio direto	109,0	102,8 A	85,1 A	17,7 B	6,1	200,2 B
COBERTURA DE SOLO DE INVERNO						
Aveia + Nabo	110,2 ^{ns}	103,8 ^{ns}	85,5 ^{ns}	18,4 ^{ns}	6,4 ^{ns}	200,3 ^{ns}
Aveia	105,0	98,4	80,3	18,0	6,6	198,2
Nabo	107,7	101,1	80,9	20,2	6,6	198,5
Pousio	103,7	97,2	78,2	18,9	6,6	196,5
Média	106,7	100,2	81,3	18,9	6,5	198,4

ns: não significativo.

Fonte: Walmorbida et al. (2020).

4. Correção do solo

O tomateiro está entre as espécies cultivadas que apresenta as maiores demandas por nutrientes por área produzida. O fornecimento de nutrientes nas quantidades adequadas é fundamental para se atingir o máximo potencial produtivo do tomateiro e deve ser realizado de maneira equilibrada, visando atender à demanda da planta. Devem-se evitar os excessos, já que esses insumos podem representar, em alguns casos, até 50% do custo de produção.

A adição ou a restituição ao solo de nutrientes exportados pela cultura pode se dar por meio de técnicas agrícolas convencionais, como calagem e uso de fertilizantes, ou a partir de soluções nutritivas balanceadas, no caso da produção por sistemas sem solo.

Para o cultivo do tomateiro direto no solo, a análise química é uma ferramenta-chave para avaliar a disponibilidade de nutrientes, auxiliar na tomada de decisão referente às quantidades de corretivos e nutrientes a serem adicionadas, bem como corrigir os possíveis desequilíbrios nutricionais causados pelo uso excessivo de um ou mais fertilizantes - muito comum em áreas de cultivo de hortaliças.



O manejo mais assertivo da fertilidade do solo passa por uma boa amostragem; ou seja, a quantidade de amostras simples a ser coletada deve ser suficiente para representar a fertilidade média da área amostrada. Para isso, considerando as variabilidades que podem ocorrer a longas e a médias distâncias, deve-se dividir a propriedade em subáreas de produção (unidade de amostragem, talhão, gleba, etc.).

Os talhões ou glebas devem ser delimitados considerando as características similares, como o histórico de cultivo da área, uniformidade em relação à vegetação, à posição topográfica e às características perceptíveis do solo (cor e textura). Após a definição da unidade de amostragem, sejam quantas forem necessárias, para cada uma deve-se retirar entre 20 e 30 amostras simples (subamostras). A coleta deve ocorrer de maneira aleatória, percorrendo toda a área e respeitando a camada de amostragem que, em geral, faz-se de 0,00 a 20,0 cm de profundidade.

Em regiões onde é adotado o plantio direto, a profundidade de amostragem do solo é menor, às vezes ocorrendo até os 10 cm, em razão da concentração de nutrientes nas camadas superficiais do solo. No entanto, recomenda-se amostrar também a camada de 10 a 20 cm de profundidade para identificar a necessidade de incorporação de corretivos da acidez. Novamente, essa incorporação deverá ser feita antes da implantação da cobertura vegetal.

A coleta de solos em camadas mais profundas (até 40 cm) é incentivada, pois permite verificar possíveis impedimentos químicos que poderiam limitar o desenvolvimento das raízes.

Depois de coletadas, as amostras simples devem ser bem misturadas para a obtenção de uma amostra composta, a qual deverá ser enviada, com maior brevidade possível, para laboratório com selo de proficiência em análises de solo. A partir do laudo técnico, serão estimadas as quantidades de corretivos e de fertilizantes.

4.1. calagem

A prática da calagem visa ajustar o pH do solo para uma faixa de valores na qual os nutrientes, presentes na solução do solo, possam estar prontamente passíveis de absorção pela planta e reduzir a atividade do alumínio trocável (Al^{3+}), que é prejudicial ao tomateiro. Além disso, a maioria dos corretivos de acidez são as fontes mais baratas para o suprimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg).



A necessidade de calagem (NC) pode ser estimada por diferentes métodos e devem ser respeitados os critérios regionais. Como exemplo, no estado de Minas Gerais e em outras regiões, utiliza-se o método da Neutralização do Al trocável e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} . Já no estado de São Paulo é considerada a Saturação por Bases. Não obstante a determinação da quantidade de corretivos, para obter os efeitos desejáveis da calagem, deve-se considerar ainda a época de aplicação, o tipo e a forma de incorporação do calcário.

• Método de neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+}

Utilizado na maioria dos estados brasileiros, em especial em Minas Gerais, neste método, a NC é calculada a partir de duas equações que se somam e o resultado, depois de ajustado considerando o poder relativo de neutralização total (PRNT) do corretivo, equivale a quantidade a ser adicionada ao solo.

$$\text{NC (t/ha)} = Y * \left[\text{Al}^{3+} - \left(m_t * \frac{t}{100} \right) \right] + [X - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]$$

NC = Necessidade de calcário, em t ha^{-1} ;

Y = variável relacionada à capacidade tampão do solo e que pode ser definida de acordo com a textura do solo (Tabela 2);

Al^{3+} = acidez trocável, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

m_t = saturação máxima por Al tolerada, $m = 5\%$;

t = capacidade de troca catiônica efetiva ($\text{CTC}_{\text{efetiva}}$), em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

X = disponibilidade de Ca e Mg requerida pelo tomateiro, $X = 3$;

$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ = teores trocáveis de Ca e Mg, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

O resultado negativo nos colchetes deve ser substituído por zero para dar continuidade ao cálculo.

TABELA 2. Valores de Y em função da textura e porcentagem de argila do solo

TEXTURA DO SOLO	TEOR DE ARGILA (%)	Y
Arenosa	0 – 15	0,0 – 1,0
Média	15 – 35	1,0 – 2,0
Argilosa	35 – 60	2,0 – 3,0
Muito argilosa	> 60	3,0 – 4,0

Fonte: Alvarez e Ribeiro (1999).

Considerando que o tomateiro é sensível ao Al^{3+} presente na solução do solo e que apresenta alta demanda por Ca e Mg, pode-se adotar o valor $mt = 0$ e $X = 3$. Adicionalmente, dividindo o valor da NC pela fração do PRNT do corretivo, podemos calcular a quantidade de calcário (QC) da seguinte maneira:

$$\text{QC (t/ha)} = \frac{Y * \text{Al}^{3+} + [3 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})]}{\text{PRNT}/100}$$

• Método da saturação por bases

Uso mais difundido no estado de São Paulo, esta recomendação é baseada na relação existente entre o pH e a saturação por bases. Assim, procura-se elevar a saturação por bases (V) do solo para o valor recomendado para o tomateiro, no caso de 70% da capacidade de troca de cátions (CTC pH 7,0 ou T).

$$\text{NC (t/ha)} = \frac{[T * (V_2 - V_1)]}{100}$$

NC = Necessidade de calcário, em t ha^{-1} ;

T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0, estimada pela soma de bases e acidez potencial [SB + (H+Al)], determinadas pela análise do solo, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$;

V₂ = porcentagem de saturação por bases recomendada, para o tomateiro (70%);

V₁ = saturação por bases atual do solo, em %, estimado por: $V_1 = (100 \times \text{SB}/T)$; sendo **SB** = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K} + \text{Na}$, em $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$

De maneira simplificada e corrigindo a NC pela fração do PRNT do corretivo, a quantidade de calcário (QC) é calculada da seguinte maneira:

$$\text{QC (t/ha)} = \frac{0,7 * T - \text{SB}}{\text{PRNT}/100}$$

• Método SMP

Para as condições do RS e SC, são utilizadas as recomendações de calagem da Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (CQFS-RS/SC, 2016) -, as quais são baseadas no índice SMP. Neste método, a acidez potencial (H+Al) é estimada pela medição do pH de equilíbrio da mistura solo: solução SMP, a qual relaciona-se à quantidade de calcário necessária para correção da acidez do solo, para que o solo atinja pH em água igual a 6,0.

As quantidades de corretivo a serem usadas, segundo a recomendação do índice SMP (Tabela 3), referem-se à aplicação de calcário e correção na camada de 0–20 cm de profundidade do solo. Para uma boa reatividade do corretivo, este deve ser bem misturado ao solo. Sugere-se que quantidades superiores de 8 a 10 t ha^{-1} sejam parceladas e aplicadas em duas etapas, possibilitando, assim, a melhor distribuição e incorporação na camada de solo a ser corrigida.

TABELA 3. Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no índice SMP, para a correção elevar o pH em água do solo a 6,0 (camada de 0 a 20 cm) nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Continuação)

ÍNDICE SMP	CALCÁRIO (t ha ⁻¹)	ÍNDICE SMP	CALCÁRIO (t ha ⁻¹)
≤ 4,4	21,0	5,8	4,2
4,5	17,3	5,9	3,7
4,6	15,1	6,0	3,2
4,7	13,3	6,1	2,7
4,8	11,9	6,2	2,2
4,9	10,7	6,3	1,8
5,0	9,9	6,4	1,4
5,1	9,1	6,5	1,1
5,2	8,3	6,6	0,8
5,3	7,5	6,7	0,5
5,4	6,8	6,8	0,3
5,5	6,1	6,9	0,2
5,6	5,4	≥ 7,0	0,0
5,7	4,8		

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Independentemente do método utilizado para estimar a NC, o resultado obtido equivale à quantidade de materiais corretivos – carbonatos, óxidos, hidróxidos e silicatos – a ser incorporada por hectare de solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Caso haja alteração na camada amostrada (0 a 10 cm de profundidade, por exemplo), a QC deverá ser corrigida, proporcionalmente, para evitar especialmente a supercalagem.

Recomenda-se que a escolha do corretivo seja feita em função do PRNT, o qual deve ser de, no mínimo, 45%, conforme legislação vigente, do preço do transporte e do tipo de equipamento disponível de aplicação.



Considerando que a cultura do tomate é muito exigente em cálcio, na escolha do corretivo, recomenda-se optar por produtos que, após a reação no solo, resultem numa relação Ca/Mg igual ou superior a 3. Isso pode ser obtido pela aplicação de mais de uma fonte de corretivo. Uma opção é aplicar 50% da dose na forma de calcário dolomítico e 50% na forma de calcário calcítico. A lama ou borra de cal, subproduto da indústria de papel, é um corretivo calcítico que pode ser usado, com o devido cuidado por ser um produto corrosivo.

Devido às diferentes fontes e composição química dos corretivos, deve-se ter atenção quanto aos teores de MgO deles e fazer uso de corretivos com teores mais elevados desse nutriente, como os calcários dolomíticos. É recomendado sempre ajustar os teores de Mg²⁺ para acima de 1,0 cmol_c dm⁻³. Em situações favoráveis ao uso do calcário calcítico ou de óxidos - CaO ou hidróxidos - Ca(OH)₂ de Ca, o Mg deverá ser adicionado via outras fontes, como sulfatos, carbonatos e óxidos. Solos com teores de Mg baixo (Mg²⁺ < 0,8 cmol_c dm⁻³) recomenda-se aplicar de 100 a 120 kg ha⁻¹ de sulfato de Mg, no sulco, junto dos outros fertilizantes.

Ao lançar mão do uso de CaO ou Ca(OH)₂ em detrimento do calcário, é importante que a aplicação seja feita com bastante antecedência, pois são corretivos muito reativos e sua dissolução gera calor que pode afetar o desenvolvimento da planta, caso a aplicação seja muito próxima da data de cultivo.

O calcário pode ser aplicado a lanço, porém com boa antecedência do plantio, para permitir que as reações de solubilização se processem e o propósito da calagem seja atingido. Depois de aplicado, ele deve ser incorporado por meio de aração, considerando sistema de cultivo conservacionista. Para melhor efeito da calagem, o solo deve estar com umidade superior a 80% da capacidade de campo.

4.2. Uso do gesso agrícola

O gesso agrícola é um subproduto industrial proveniente da acidulação da rocha fosfatada para produção do ácido fosfórico. É empregado nas lavouras como condicionador do solo, pois auxilia na redução dos teores tóxicos de Al³⁺, principalmente nas camadas mais profundas do solo. Adicionalmente, pode ser fonte de Ca (16%) e enxofre (13%), pois esses elementos nutrientes estão presentes na sua composição.

O uso do gesso agrícola é mais difundido nas áreas de cultivo de grãos (espécies anuais) e de culturas perenes, porém, os ganhos de produtividade, observados especialmente nos solos de Cerrado brasileiro, encorajam seu uso na tomaticultura.

As fórmulas para o cálculo da necessidade de gesso (NG) são variáveis e podem ser estimadas em função do teor de argila, da concentração de fósforo remanescente (P-rem), bem como pela saturação por bases e CTC do solo. As fórmulas mais usuais são:

- **NG(t/ha)=50*argila(%)** ou **NG(t/ha)=5,0* argila(g/kg)**

- $NG(t/ha) = \frac{T * (V2 - V1)}{500}$ ou $NG(t/ha) = \frac{0,7 * T - SB}{500}$

A aplicação de gesso deve ser feita em área total e não há necessidade de sua incorporação. No entanto, devido ao seu efeito residual prolongado, novas aplicações devem ser feitas sempre fundamentadas na análise química do solo em subsuperfície.

4.3. Matéria Orgânica do Solo

A MOS participa de diferentes processos nos solos e, mesmo em pequenas quantidades, na maioria inferior a 2,0 dag kg⁻¹, estão presentes em diferentes frações ativas, como os ácidos húmicos e fúlvicos. Essas frações são as que contribuem para aumento da capacidade de troca catiônica, notadamente em solos arenosos e muito intemperizados, atuando na retenção e disponibilização de nutrientes, melhoria na retenção de umidade, retenção e complexação de poluentes, estruturação do solo e manutenção de biodiversidade, entre outras reações.

Apesar disso, na maioria das áreas de produção do tomateiro, a adição de compostos orgânicos nos solos é realizada com foco maior no aproveitamento da sua ação como condicionadora do solo e fonte de energia para os microrganismos do solo. Em menor importância, é utilizada também como fonte de nutrientes ou como meio de incrementar as frações ativas do solo. No último caso, seria necessário aplicar fontes orgânicas já humificadas.



As diferentes práticas de cultivo conservacionistas, principalmente o plantio direto, são eficientes para manutenção e incremento da MOS. Fazem parte desta estratégia para aumentar o estoque de carbono nos solos a manutenção da palhada, o revolvimento mínimo do solo, a rotação de culturas utilizando espécies fixadoras de nitrogênio (N) e outras cuja palhada é rica em carbono (gramíneas, por exemplo).

Em áreas com baixo teor de MOS ($< 2,0 \text{ dag kg}^{-1}$), recomenda-se complementar a adubação aplicando na área total 20 a 30 t ha⁻¹ de esterco de curral, previamente curtido ou composto orgânico, ou a décima parte dessa dose (2 a 3 t ha⁻¹) na forma de esterco de aves. Recomenda-se analisar quimicamente o adubo orgânico para verificar a sua composição e quantificar a contribuição dos nutrientes incorporados com a dose que está sendo utilizada.

O adubo orgânico pode ser utilizado também a lanço em toda a área antes do plantio da cobertura verde, principalmente em regiões com baixa fertilidade natural do solo. Adicionalmente, o cultivo de plantas de cobertura do solo anteriores ao tomate tem um impacto positivo no aumento da MOS. Esta técnica deve ser preconizada quando se busca a melhoria de propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

4.4. Adubação do Tomateiro

As doses de fertilizantes minerais, necessárias para atingir a produtividade de máxima eficiência econômica, devem ser estimadas considerando os teores de nutrientes obtidos na análise química e a classe textural do solo, e o potencial de produção da cultivar a ser plantada. Adicionalmente, o histórico de manejo da área deve ser levado em consideração, uma vez que alguns nutrientes podem apresentar os teores residuais elevados, em especial P, K e micronutrientes.

Nos cultivos diretos no solo, os elementos nutrientes Ca e Mg são adicionados via calagem, já que os calcários comumente utilizados no Brasil (dolomíticos e calcíticos) apresentam esses dois nutrientes em sua composição. Já os demais nutrientes essenciais ao tomateiro devem ser aplicados de acordo com a classe de fertilidade de cada um, constantes nos manuais ou boletins informativos das principais regiões produtoras de tomate. A partir da definição da classe de fertilidade do solo – muito baixa, baixa, média, alta ou muito alta –, recorrem-se às tabelas de recomendação de adubação mineral de plantio e de cobertura para o cultivo do tomateiro.

É importante estar atento quanto ao método de análise utilizado, o qual pode alterar sobremaneira a interpretação dos níveis de fertilidade do solo. No estado de São Paulo, por exemplo, os teores disponíveis de P e K são determinados pelo método da resina catiônica/aniônica (mista), enquanto em outros estados é utilizado o extrator Mehlich-1. Isto se torna problemático quando não se dispõe de tabelas de conversão nos teores dos elementos extraídos por diferentes métodos.

É importante reforçar a identificação da composição granulométrica ou a textura do solo para melhor prever a interação dos nutrientes com a fase sólida do solo. Nas áreas de cultivo nas quais o solo apresenta textura arenosa ou média (teor de argila menor que 400 g kg⁻¹) e baixa CTC, as adubações com N e K devem se parceladas para evitar perdas por lixiviação. Já para os solos de textura mais argilosa, a localização dos nutrientes na linha de plantio é outra prática recomendada, principalmente para as fontes mais solúveis de fertilizantes, principalmente os que contêm P em sua formulação, como o nitrofosfato (MAP ou DAP) ou o superfosfato triplo ou simples.



O posicionamento do fertilizante é fundamental para manter os níveis de nutrientes disponíveis em zonas mais próximas ao sistema radicular para favorecer a absorção pela cultura e minimizar a sua interação com os colóides do solo. Deve-se ter cuidado com os riscos de efeito salino dos fertilizantes, os quais, em muitos casos, têm sido responsáveis pela redução da população de plantas na lavoura, devido ao aumento abrupto da condutividade elétrica (CE) da solução do solo.

5. Adubação de plantio

a adubação de plantio é realizada a partir do uso de formulações, contendo diferentes proporções de N, P_2O_5 e K_2O , ou uso de fertilizantes simples com apenas um nutriente. Em geral, na escolha da fonte de fertilizantes formulada, é considerada a concentração de P_2O_5 da formulação, uma vez que o fósforo (P) é o nutriente mais limitante nos solos tropicais, sob o ponto de vista de produção. No solo, o P está presente nas formas $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} que são as espécies químicas absorvidas pelas plantas. Essas moléculas são muito reativas e a disponibilidade delas para as plantas reduz com o tempo, seja por precipitação, devido à interação com outros íons, como o Ca, seja por adsorção aos colóides do solo.

5.1. Adubação de plantio para o sul do Brasil

Pela interpretação dos resultados da análise de solo para P e K, adotada pela CQFS-RS/SC (2016), os valores de P (Tabela 4) e K (Tabela 5) extraíveis do solo são interpretados em cinco faixas. O limite inferior da faixa 'alto' corresponde ao nível crítico do nutriente no solo. Isso significa que, abaixo do nível crítico, aumentam as possibilidades de resposta da cultura à aplicação desses nutrientes. Devido à influência da argila na disponibilidade de fósforo às plantas, para a maioria das culturas existem quatro classes de interpretação dos teores nos solos em função da porcentagem de argila. Para a interpretação dos teores do K, existem três classes de acordo com a CTC do solo a pH 7,0.

TABELA 4. Interpretação do teor de fósforo do solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme o teor de argila

INTERPRETAÇÃO	CLASSE DE SOLO CONFORME O TEOR DE ARGILA ^(1,2)			
	1	2	3	4
	----- mg dm ⁻³ -----			
Muito baixo	≤3,0	≤4,0	≤6,0	≤10,0
Baixo	3,1 – 6,0	4,1 – 8,0	6,1 – 12,0	10,1 – 20,0
Médio	6,1 – 9,0	8,1 – 12,0	12,1 – 18,0	20,1 – 30,0
Alto	9,1 – 12,0	12,1 – 24,0	18,1 – 36,0	30,1 – 60,0
Muito alto	>12,0	>24,0	>36,0	>60,0

⁽¹⁾ Teores de argila: classe 1 = >60%; classe 2 = 60 a 41%; classe 3 = 40 a 21%; classe 4 = ≤20%.

⁽²⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em "equivalentes Mehlich-1", conforme equação $PM1 = PM3 / (2 - (0,02 \times \text{argila}))$.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

TABELA 5. Interpretação do teor de potássio, conforme as classes de CTC do solo a pH 7,0

INTERPRETAÇÃO	CTC _{pH 7,0} DO SOLO ⁽¹⁾			
	≤7,5	7,6 – 15,0	15,1 – 30,0	> 30,0
----- mg dm ⁻³ de K -----				
Muito baixo	≤20	≤30	≤40	≤45
Baixo	21 – 40	31 - 60	41 - 80	46 – 90
Médio	41 - 60	61 - 90	81 – 120	91 – 135
Alto	61 - 120	91 - 180	121 -240	136 – 270
Muito alto	>120	>180	>240	> 270

⁽¹⁾ Caso a análise tenha sido feita por Mehlich-3, transformar previamente os teores em "equivalentes Mehlich-1", conforme equação $KM1 = KM3 \times 0,83$.

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

A quantidade de adubo nitrogenado, fosfatado e potássico recomendada para a cultura do tomate, é definida utilizando as faixas de interpretações dos teores desses nutrientes no solo (CQFS-RS/SC, 2016). As recomendações das quantidades de adubos para a cultura são definidas segundo os trabalhos experimentais da Epagri – Estação Experimental de Caçador (Tabelas 6, 7 e 8).

TABELA 6. Porcentagem de adubação na base e em cobertura para o Sistema de Produção Integrada de Tomate de Mesa (Sispit) para Sul do Brasil

NUTRIENTE	ADUBAÇÃO DE BASE NO SULCO DE PLANTIO	ADUBAÇÃO DE COBERTURA EM FERTIRRIGAÇÃO
	----- % da dose total -----	
N	10	90
P ₂ O ₅	100	0
K ₂ O	5	95
Boro	100	0

TABELA 7. Recomendação da adubação nitrogenada, de acordo com o potencial máximo de produção a partir da interpretação do teor de matéria orgânica do solo para o Sistema de Produção Integrada de Tomate de Mesa (Sispit) para Sul do Brasil

TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO (%)	NITROGÊNIO TOTAL (kg ha ⁻¹)
< 2,5	700
2,6 a 3,5	600
3,6 a 5,0	500
> 5,0	400

TABELA 8. Recomendações de adubação fosfatada e potássica, de acordo com o potencial máximo de produção a partir da interpretação da análise de solo para o Sistema de Produção Integrada de Tomate de Mesa (Sispit) para o Sul do Brasil

TEOR NO SOLO	FÓSFORO	POTÁSSIO
	kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	kg ha ⁻¹ de K ₂ O
Muito baixo	1000	1100
Baixo	800	900
Médio	600	700
Alto	400	500
Muito alto	300	400

Na adubação de base, é recomendada a aplicação no sulco de corte da palhada nas seguintes proporções: para o N, 10% da dose total do adubo nitrogenado; no caso do P, a dose total de P na base ou ½ dose, de acordo com a interpretação do resultado de análise. Se a interpretação indicar teores muito baixos ou baixos, que são doses elevadas de adubos fosfatados, recomenda-se a aplicação em duas etapas: a primeira ½ dose aplicada a lanço em toda a área por ocasião do preparo do solo no plantio da aveia e a outra ½ dose aplicada na base no sulco de plantio do tomate.

Para a adubação de K, recomenda-se aplicar 5% da dose total do adubo potássico (Tabela 8). A aplicação poderá ser feita com o equipamento de corte e sulcador ou a lanço, sob o sulco. Se a incorporação for mais profunda, com o equipamento de corte, não há necessidade de efetuar uma prática de mistura. Se a aplicação for a lanço sob a linha do sulco, efetua-se uma prática de mistura dos adubos de forma manual ou mecanizada, para evitar a queima das raízes em contato direto com os adubos aplicados na linha. Essa prática deve ser efetuada de preferência 10 dias antes do plantio. Recomenda-se ainda aplicar nesta adubação de base, o micronutriente boro (3-5 kg ha⁻¹), utilizando 30-50 kg ha⁻¹ de bórax (Tabela 6) também na linha no sulco de plantio.

Como fontes da adubação nitrogenada, poderão ser utilizados diferentes adubos formulados ou simples: ureia, sulfato de amônia, nitrato de amônio, MAP ou DAP. Deve-se sempre optar por aquele adubo que ofereça melhor custo-benefício por unidade de nutriente. Se a opção for pelo uso da ureia, observe para que o solo esteja úmido, ou efetue a prática da incorporação logo após a aplicação, para evitar perdas por volatilização. O P deve sempre ser aplicado na fórmula de fosfatos solúveis (superfosfato simples ou triplo, MAP, DAP). Se for usado formulado, calcule a quantidade aplicada e complemente com adubos simples. Os fosfatos naturais não devem ser utilizados para a cultura do tomate, devido à sua baixa solubilidade e baixa eficiência. O cloreto de K é a principal fonte de adubo potássico na base. Se for usado o adubo formulado, calcule a quantidade aplicada e complemente com o cloreto de K.

5.2. Adubação de plantio para outras regiões

Como estratégia de adubação, para o P, recomenda-se aplicar no plantio de 80% a 100% da quantidade calculada. Já para o N e o K, as quantidades dependem do histórico da área e teores disponíveis no solo. Além disso, esses nutrientes podem ser perdidos por volatilização ou por lixiviação.

Nas condições do Cerrado brasileiro, é sabido que há uma carência de micronutrientes, em especial de boro (B) e zinco (Zn) e, por isso, deve-se redobrar os cuidados quanto ao suprimento correto desses elementos. As quantidades recomendadas de B e Zn giram em torno de 1 a 3 kg ha⁻¹ e de 3 a 5 kg ha⁻¹, respectivamente, e podem ser adicionadas no plantio na forma de sais solúveis, óxido ou silicatos.



Considerando que a demanda inicial do tomateiro por N e K é baixa, as quantidades a serem aplicadas no plantio variam de 40% a 60% do total calculado. Algumas áreas produtivas, em que os solos já apresentam fertilidade construída e os teores disponíveis de K estão acima de 100 mg dm^{-3} , não adicionam esse nutriente na adubação de base, optando por parcelar toda a quantidade recomendada na adubação de cobertura.

A restituição do enxofre (S) exportado pela cultura é outro ponto crucial para o alcance de altas produtividades. Sintomas de deficiência de S têm sido frequentes nas lavouras de tomate, por causa do uso continuado de formulações concentradas de NPK, como a 04:30:10 ou a 04:30:16. De maneira geral, o teor de S menor que $5,0 \text{ mg dm}^{-3}$ é considerado baixo e, portanto, sua correção se faz necessária.

A adubação com S pode ser feita via aplicação de gesso agrícola ou outras fontes que contêm o nutriente, como o sulfato de magnésio. Uma alternativa que tem sido utilizada nas lavouras é aplicar proporções diferenciadas de fontes menos e mais concentradas em P, como a adição de uma parte do P como 04:14:08 e a outra como 04:30:10. A primeira formulação contém S provenientes do sulfato de amônio e do superfosfato simples utilizados na mistura.

Outra opção interessante é aplicar parte da adubação fosfatada na forma de termofosfato magnesiano, no sulco de plantio. Essa prática fornece quantidades significativas de Ca, Mg, silício (Si) e micronutrientes.

O uso de fontes simples ou individuais de fertilizantes (ureia, cloreto de potássio, superfosfato triplo, dentre outros) é menos comum e a decisão dessa forma de adubação deve considerar os custos dos fertilizantes e das operações de aplicações dos insumos.

6. Adubação de cobertura

As adubações de cobertura visam complementar as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura ao longo do seu ciclo vegetativo e que não foram aplicadas no momento do plantio, para evitar perdas ou alteração da CE do solo.

6.1. Adubação de cobertura do tomate para o sul do Brasil

A adubação de cobertura para o tomate cultivado nessa região basicamente é composta de N, 90% da dose total, e K, 95% da dose total (Tabela 6), que serão aplicados em fertirrigação, de acordo com o cálculo da curva de absorção. Na Tabela 9 é apresentada uma sugestão de distribuição de N e K fracionado em 20 semanas de cultivo. A distribuição desses nutrientes pode variar de acordo com a curva de absorção de cada híbrido de tomate. O início ocorre aos 21 dias ou na 3ª semana após o transplante, quando se aplicou 10% e 5% do requerimento de N e K_2O , respectivamente, no plantio.

As fertirrigações podem iniciar já na primeira semana, se não for aplicado N e K no transplante, como quando se utiliza superfosfato triplo ou simples no sulco. A adubação de cobertura é efetuada em fertirrigação, em apenas uma aplicação semanal, ou até duas, quando as doses recomen-

dadas são mais altas. O processo de injeção do adubo na linha de gotejamento pode ser feito por válvulas de sucção (*scruguel*) ou por injeção sobre pressão de bombas hidráulicas.

Deve-se observar que a mangueira gotejadora tenha uma uniformidade de pressão, e que o adubo tenha uma uniformidade de distribuição na sua aplicação. Em áreas de desníveis, é necessário subdividir em setores para a uniformidade de pressão e precisão da distribuição do adubo com homogeneidade ou usar mangueira gotejadora autopropelido. Outro aspecto importante na fertirrigação são os sistemas de filtros para que não haja entupimento da mangueira de gotejamento.

TABELA 9. Porcentagem semanal para o cálculo da quantidade de N e K na adubação de cobertura no Sistema de Produção Integrada de Tomate de Mesa (Sispit) no Sul do Brasil, por semana, após o plantio

SEMANAS	DIAS APÓS PLANTIO	N (%)	K ₂ O (%)
Plantio	0	10,0	5,0
1 ^a	7	0,0	0,0
2 ^a	14	0,0	0,0
3 ^a	21	1,5	0,5
4 ^a	28	2,5	2,5
5 ^a	35	3,5	2,8
6 ^a	42	4,0	3,7
7 ^a	49	4,5	4,0
8 ^a	56	5,2	5,8
9 ^a	63	8,5	9,2
10 ^a	70	9,2	12,1
11 ^a	77	10,2	12,5
12 ^a	84	10,0	10,1
13 ^a	91	9,2	9,1
14 ^a	98	8,1	8,3
15 ^a	105	7,0	6,5
16 ^a	112	6,0	5,0
17 ^a	119	3,5	3,1
18 ^a	126	3,3	2,5
19 ^a	133	2,5	1,1
20 ^a	140	1,0	1,1
TOTAL	-	100	100



O comportamento da curva de requerimento por N no tomate é maior e mais acentuado na fase inicial e, com aumento gradual, até a décima ou décima-primeira semana, quando se tem o pico máximo, e diminuição gradual até a vigésima semana. Comportamento semelhante se verifica para o K, com um requerimento mais lento na fase inicial; pico máximo entre a décima e décima-primeira semana, e uma diminuição gradual até próximo ao fim do ciclo.

Com a distribuição dos fertilizantes de acordo com a demanda das plantas, assegura-se o seu crescimento equilibrado, com distribuição adequada entre a estrutura vegetativa e reprodutiva (Figura 5), formação de um bom número de frutos de maior calibre por penca, além de uma distribuição uniforme dos frutos na planta. Por fim, garantem-se frutos de maior calibre no terço final da planta, denominado de ponteiro (Figura 6).



Figura 5. Plantas de tomate com adequado fornecimento de nutrientes via adubação de plantio e fertirrigação mostrando adequado crescimento vegetativo e bom estado nutricional

Foto: Leandro Hahn



Figura 6. Plantas de tomate com adequado estado nutricional, garantindo frutos de maior calibre no terço final (ponteiro)

Foto: Leandro Hahn

As fontes de adubos usadas em fertirrigação são geralmente o nitrato de amônio, nitrato de cálcio, ureia, nitrato de potássio ou cloreto de K branco. Podem-se usar adubos formulados de maior solubilidade, embora em experimentos conduzidos na Estação Experimental de Caçador não tenham apresentado diferenças para as fontes tradicionais, desde que a concentração do nutriente seja a mesma. Portanto, a escolha da fonte de adubo deve levar em consideração as características de maior facilidade no preparo da calda (solubilidade, limpeza, etc.) e o custo do adubo por unidade de nutriente.

6.2. Adubação de cobertura para outras regiões

Sob o ponto de vista prático, são utilizadas também as formulações, porém mais concentradas em N e K, como a 20:00:20 ou 20:05:20.

Geralmente, as adubações de cobertura se iniciam aos 20 – 25 dias após transplântio das mudas. Este período coincide com o início de florescimento do tomateiro. As quantidades restantes de adubo podem ser adicionadas a cada 15 dias, considerando um total de 4 a 5 aplicações.

Considerando que no período de frutificação há uma demanda mais acentuada por Ca, é aconselhável que parte do N seja adicionado na forma de nitrato de cálcio – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. A deficiência de cálcio pode ser devida à baixa concentração de Ca na solução do solo, pelo baixo fornecimento de água ou condições de dias seguidos de alta nebulosidade, quando a planta reduz sua evapotranspiração devido à alta umidade relativa.

A fertirrigação é a maneira mais eficiente para fornecer os nutrientes ao longo do período de cultivo e, para isso, devem ser utilizados sais específicos. Além da maior eficiência de uso de água e nutrientes pela planta, essa prática permite a adição de outros nutrientes em cobertura, como o Ca e os micronutrientes, em especial o B. Esta técnica consiste na aplicação dos nutrientes diluídos na água de irrigação. É o método mais eficiente e econômico de aplicar os fertilizantes, principalmente por meio de sistema de irrigação localizada, como o gotejamento. Adicionalmente, a aplicação parcelada dos fertilizantes nos momentos de maior demanda da cultura apresenta como vantagens: redução das perdas por lixiviação, evita a contaminação do lençol freático e de reservatórios de água superficiais e subterrâneas.

A eficiência da fertirrigação está condicionada às características do solo, da água, dos fertilizantes e da taxa de acúmulo de nutrientes da cultura. Informações mais detalhadas sobre os diferentes sistemas de irrigação podem ser consultadas no capítulo que trata especificamente desse tema.

Salienta-se que as doses a serem aplicadas devem sempre ser estimadas em função da análise química do solo, das classes de produtividade esperadas e do acúmulo de nutrientes.

Como exemplo do planejamento da fertirrigação, na Tabela 10 está a distribuição da demanda de N e K do tomateiro (cv Santa Clara) ao longo do ciclo produtivo. Os valores mais altos coincidem com o período de maior absorção. Após calculada a dose do fertilizante para todo ciclo produtivo, pode-se fazer a distribuição proporcional às quantidades a serem fornecidas via fertirrigação, utilizando as porcentagens demandadas pelo tomateiro.

Recomendamos que sempre se busque utilizar as curvas de acúmulo de nutrientes para a cultivar de interesse e, principalmente, que as recomendações sejam para as mesmas condições edafoclimáticas onde será realizado o cultivo. Não havendo estudos dessa natureza, pode-se utilizar essa recomendação como guia e vai se ajustando conforme a experiência de campo.

Para fertirrigação via gotejamento, sugere-se aplicar de 10% a 20% da recomendação total de N e K em pré-plantio, para suprir uma reserva de nutrientes no solo e favorecer o desenvolvimento inicial do cultivo. O restante é fornecido via fertirrigação à medida que as plantas se desenvolvem. Se os teores de K estiverem muito elevados, a adubação poderá ser realizada apenas por cobertura.



A ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares com cálcio podem ser eliminadas, aplicando-se parte do cálcio via fertirrigação durante o florescimento e a frutificação. Para solos arenosos, a fertirrigação deve ser realizada a cada 1 ou 2 dias; para solos argilosos pode-se adotar uma frequência de 1 a 2 vezes por semana.

TABELA 10. Variação da necessidade de N e K do tomateiro (C.V. Santa Clara) em função da idade da planta

IDADE DA PLANTA (DIAS APÓS O TRANSPLANTIO)	NUTRIENTE	
	N	K
	%	
12	4,1	2,0
24	9,0	5,5
36	16,6	13,3
48	22,9	23,9
60	21,4	26,3
72	13,9	17,1
84	7,0	7,7
95	3,1	2,9
105	1,3	1,0
120	0,5	0,3

Fonte: Fayad et al. (2002)

Deve-se utilizar fertilizantes específicos para a fertirrigação, pois são de alta solubilidade e pureza. Os principais fertilizantes utilizados são: cloreto de cálcio, cloreto de potássio, monofosfato de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio, sulfato de potássio e ureia, além dos micronutrientes em formulação ou individualmente - a maioria à base de sulfatos. O cálcio não deve ser aplicado em água contendo bicarbonato quando os valores estão acima de 400 mg L⁻¹ ou ser injetado simultaneamente com fertilizantes à base de sulfatos ou fosfatos, sob o risco de precipitar e causar entupimento de tubulações e emissores.

6.3. Escolha de fertilizantes

- **Fertilizantes solúveis**

Ainda são as principais fontes de adubos utilizadas nas lavouras. Além dos critérios técnicos para estimar as quantidades necessárias para o tomateiro, as fontes solúveis requerem a adoção de técnicas de manejo para aumentar eficiência de uso dos nutrientes. De maneira geral, a escolha da fonte a ser utilizada deverá levar em consideração o custo por nutriente adicionado e a eficiência da adubação, que está diretamente relacionada às reações com o solo.

Para a adubação nitrogenada, é importante conhecer as particularidades das fontes utilizadas. A ureia é o adubo mais utilizado, em especial nas adubações de cobertura, porém o seu manejo requer cuidados para minimizar a perda de N, devido à volatilização da amônia (NH_3). Ao aplicá-la, deve-se realizar a sua incorporação ao solo, mantendo-o úmido. Valor elevado de pH do solo pode contribuir para perda de N, portanto, muita atenção deve ser dada a calagem.

As fontes nítricas de N são mais estáveis que as amoniacais, ou seja, menos passíveis de volatilização, porém, em solos arenosos, poderá ocorrer a lixiviação do nitrato. O parcelamento da adubação é a principal forma de minimizar essa forma de perda.

As fontes solúveis de P, como o superfosfato simples (SSP) ou triplo (ST), MAP e DAP, ao se solubilizarem, devido ao contato com a umidade do solo, liberam o ânion fosfato que interagem prontamente com os minerais do solo ou outros íons, podendo ficar imóveis por processo de adsorção e/ou precipitação, respectivamente. Por isso, é importante a localização do adubo na linha de plantio, mais próximo do sistema radicular.

A maneira mais eficiente de aplicação de P é de forma localizada, no sulco de plantio do tomate. Aplicações parceladas de P via fertirrigação devem ser realizadas em solos com baixa capacidade de retenção de P, como solos arenosos. Neste caso, recomendam-se fontes solúveis de P, como MAP purificado e ácido fosfórico, e aplicações até 80 dias após o transplante, quando praticamente toda planta de tomate é formada estruturalmente.

Os adubos fontes de K comportam-se de maneira similar às fontes nítricas do ponto de vista de perdas por lixiviação. Porém, a depender da fonte, os fertilizantes potássicos podem aumentar a CE do solo, tornando-o salino. Para evitar a salinização do solo, é muito importante avaliar o índice salino do fertilizante ou evitar a adição de quantidades muito elevadas numa única vez.

Tecnologias para aumentar a eficiência dos adubos têm sido buscadas, com relativo sucesso. Algumas estratégias têm sido utilizadas para minimizar a perda de nutrientes, como o revestimento dos grãos com polímeros para controlar a solubilidade, inibidores da urease, etc. Contudo, a relação entre a eficiência da adubação e o custo dessa fonte deverá ser considerada frente a outras opções.

- **Fertilizantes organominerais**

São produzidos por tecnologia que combina fontes orgânicas e minerais no mesmo produto; ou seja, não se trata da aplicação de uma fonte orgânica e uma mineral no plantio.

Os fertilizantes organominerais (FOM) estão na categoria dos fertilizantes de eficiência aumentada e o uso deles tem crescido anualmente devido às repostas agronômicas favoráveis. A maioria dos FOM são fontes de P, embora sejam oferecidas também fontes com os demais nutrientes, inclusive com micronutrientes.



A presença da matéria orgânica no grão protege o fertilizante mineral, estando a sua disponibilização condicionada à oxidação dela pelos microrganismos do solo. Isso reduz os problemas de adsorção do fosfato, as perdas por lixiviação e o potencial de salinização do solo.

O custo do FOM também deve ser considerado na tomada de decisão de qual fonte utilizar.

- **Biofertilizantes**

O uso desses insumos tem crescido anualmente, principalmente na complementação da adubação. São misturas simples ou complexas de diferentes materiais – ácidos orgânicos, extratos vegetais, aminoácidos, dentre outros – ou produzidos por meio de processos nanotecnológicos e, em ambos os casos, apresentam um ou mais nutrientes. Esses materiais apresentam bioatividade e os principais benefícios observados são: desenvolvimento radicular, aumento da área foliar, aumento na absorção de nutrientes e regulação de enzimas importantes para o metabolismo vegetal.

A utilização de biofertilizantes no tomateiro se justifica se auferir em ganhos de produtividade ou para minimizar a sua perda quando a cultura experimentar condições de estresse abiótico, como restrição hídrica, excessos de sais, extremos de temperatura, dentre outros.

7. Nutrição do tomateiro

7.1. Função dos nutrientes requeridos na nutrição do tomate

Como a maioria das espécies vegetais, o tomateiro necessita que os elementos químicos essenciais estejam presentes em quantidades e proporções adequadas para o alcance do potencial produtivo de máxima eficiência econômica. Dentre eles, o carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O) são obtidos da atmosfera ou da molécula da água. Já os demais N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e níquel (Ni) devem ser fornecidos por fontes externas.

A disponibilidade e a absorção dos nutrientes devem ocorrer em proporções adequadas, via solução do solo, solução nutritiva, ou como suplementação via foliar, uma vez que cada um tem uma função específica no metabolismo das plantas. Desequilíbrios em suas proporções podem causar deficiência ou excesso de um ou mais nutrientes, causando limitações ao desenvolvimento das plantas ou mesmo a morte delas.

No interior da planta, os nutrientes são agrupados conforme o seu padrão de mobilidade ou distribuição, podendo ser baixo, moderado ou alto. O conhecimento desses padrões pode auxiliar na diagnose visual para identificação de qual elemento químico está causando o(s) sintoma(s) de deficiência observado (Figura 7).

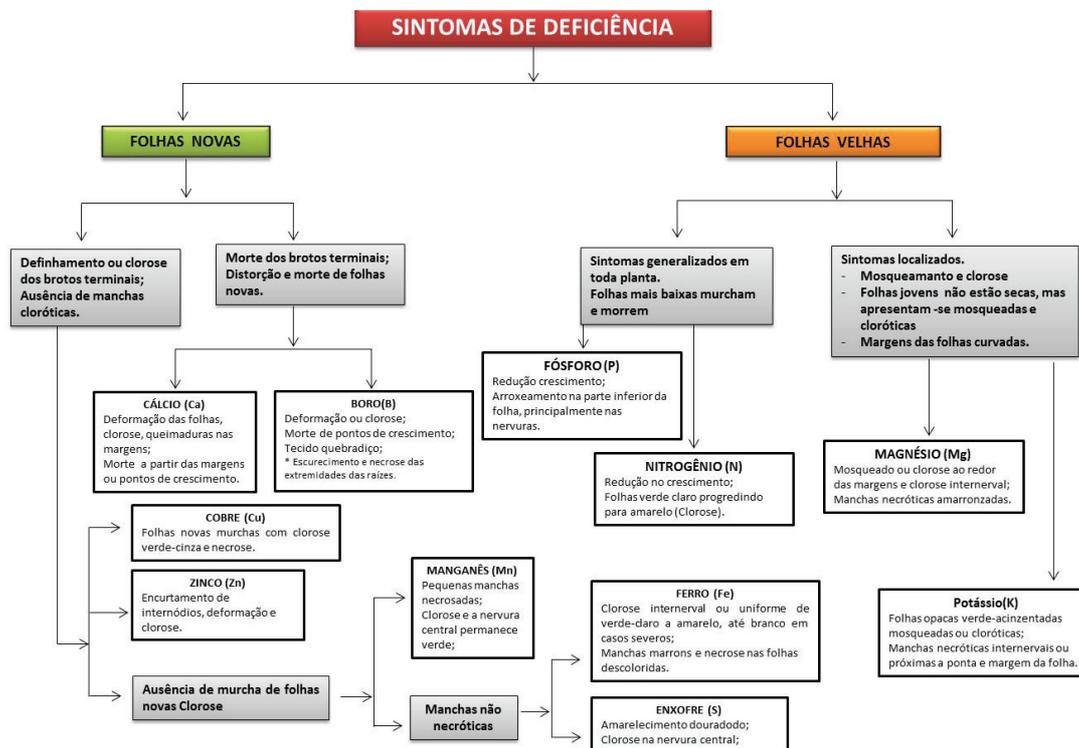


Figura 7. Fluxograma diagnóstico para auxiliar a identificação de deficiências comuns de nutrientes

• Nitrogênio

É elemento estrutural e componente de vitaminas e aminoácidos formadores de proteínas, enzimas e sistemas energéticos da planta. O fornecimento adequado de N está relacionado à produção de folhas e ramos bem desenvolvidos. A deficiência de N afeta a síntese de clorofila, reduzindo o desenvolvimento foliar e a eficiência fotossintética. Isto limita a planta de realizar funções essenciais, como a absorção de nutrientes, resultando em crescimento reduzido e queda de produtividade (Figura 8).

As principais formas de absorção do N pelo tomateiro são o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-). Estas duas formas são bastante móveis no interior da planta e, por isso, os sintomas de deficiência são observados nas folhas mais velhas, baixas.



A deficiência de N ocorre quando há suprimento insuficiente de fertilizantes nitrogenados no plantio, baixo teor de matéria orgânica no solo, deficiência de molibdênio, compactação do solo, lixiviação intensa e seca prolongada. Já em doses elevadas pode ocorrer uma produção excessiva de folhas, maior incidência de pragas e doenças, formação de frutos ocos e defeituosos e, em alguns casos, afetar a qualidade e maturação tardia dos frutos.



Figura 8. Plantas de tomate sem adubação de N, mostrando crescimento reduzido, amarelecimento e senescência das folhas, além de frutos com baixo calibre

Foto: Leandro Hahn

- **Fósforo**

É fundamental para processos importantes na planta, principalmente os de transferência de energia, divisão e crescimento celular. Teores adequados de P favorecem o crescimento radicular, melhoram a qualidade e aumento dos frutos, sendo vital para a produção de sementes.

Plantas de tomate deficientes em P apresentam crescimento limitado, principalmente após o transplante das mudas (Figura 9). Em plantas bem desenvolvidas, os sintomas de deficiência ocorrem nas partes mais velhas, devido à sua alta mobilidade. Os sintomas são folhas com coloração púrpura ou avermelhada (arroxeadas) relacionada com o acúmulo de antocianina. A deficiência de P reduz a floração e retarda a maturação dos frutos.

Efeitos negativos diretos no desenvolvimento do tomateiro, devido a adubações ou teores excessivos de P, não têm sido relatados, porém essa condição pode induzir a deficiência em Zn devido a reações de precipitação.



Figura 9. Plantas de tomate cultivadas em solo com baixos teores e sem adubação de P, mostrando crescimento reduzido, e baixo pegamento de frutos

Foto: Leandro Hahn

- **Potássio**

As funções do K no crescimento do tomateiro estão associadas à regulação osmótica (dentro do vacúolo, por exemplo), manutenção do equilíbrio eletroquímico no interior das células e seus compartimentos e regulação de atividades enzimáticas. Diferente de outros nutrientes, o K não faz parte de estruturas orgânicas e sua participação está associada à ativação de enzimas do metabolismo de carboidratos e proteínas, bem como está intimamente relacionado à qualidade dos frutos. É o nutriente mais absorvido pelas plantas de tomate e mais exportado pelos frutos.

Altamente móvel no interior da planta, semelhante ao relatado para o N e o P, a deficiência de K se expressa nas folhas mais velhas: ela se caracteriza por amarelecimento entre as nervuras das folhas, acompanhada de necrose das pontas e margens das folhas. O amarelecimento das folhas ocorre das extremidades para o centro.



Embora muito raro, o excesso de K no solo, leva ao acúmulo nas folhas mais velhas, causando desidratação nas células vizinhas e o rompimento de membrana nas células, provocando o aparecimento de manchas necróticas nas folhas (Figura 10B). Além disso, pode ocasionar frutos ocos (Figura 10A) e rachados e interagir negativamente na absorção de outros nutrientes, como cálcio e magnésio, e, conseqüentemente, causar desequilíbrios nutricionais na planta.

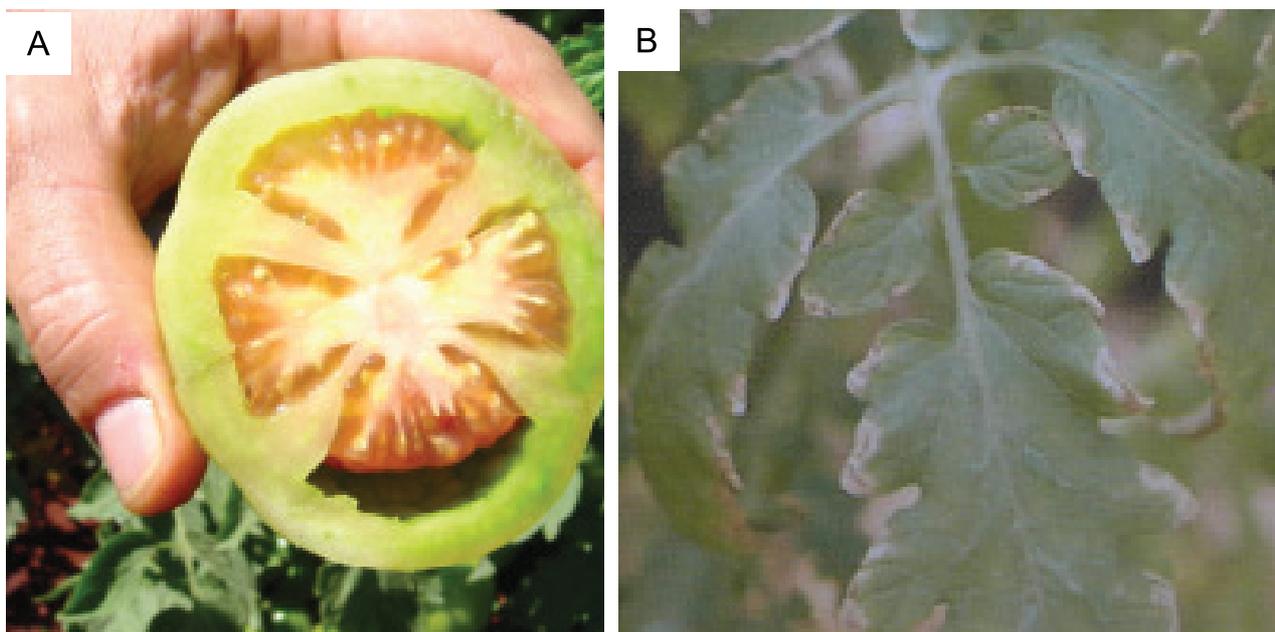


Figura 10. Sintomas de deficiência de potássio em tomate: Cavidade interna oca no fruto (A) e folhas velhas com amarelecimento e necrose das bordas (B)

Foto: Acervo Embrapa Hortaliças

- **Cálcio**

Está presente principalmente na parede celular e, por isso, seu papel é estrutural na célula da planta. Sua presença em níveis adequados pode ter efeitos positivos diretos sobre os tomates após a colheita, como minimizar a perda de água e aumento da vida de prateleira dos frutos, e, muito possivelmente, melhorar a resistência ao transporte.

Em geral, os solos são muito pobres em Ca e sua movimentação no solo se dá por fluxo de massas, ou seja, depende da presença de água no solo para ser absorvido pelas raízes. A planta o absorve na forma de cátion Ca^{2+} e depois de absorvido o íon é transportado no xilema e parte no floema.

Em razão da baixa mobilidade do Ca no floema, sua distribuição na planta é muito limitada e, portanto, os sintomas são visíveis nas folhas mais jovens da planta, nos frutos e no crescimento reduzido do sistema radicular. Nas folhas, é possível observar pontos quebradiços e aspecto de queimaduras nas suas pontas. A isso dá-se o nome de queimadura de ponteiro ou *tip burn*. Situações nas quais ocorrem o rápido crescimento do fruto e a baixa absorção de Ca são favoráveis ao aparecimento dos sintomas de deficiência, caracterizados pelo apodrecimento da parte inferior do fruto – podridão apical ou fundo preto (Figura 11).

O aparecimento dos sintomas de deficiência de Ca pode estar associado a: teores trocáveis inferiores ao nível crítico, irregularidade no fornecimento de água, uso de cultivares sensíveis, uso de doses elevadas de fertilizantes potássios e nitrogenados, principalmente os amoniacais e altas taxas de crescimento e transpiração.

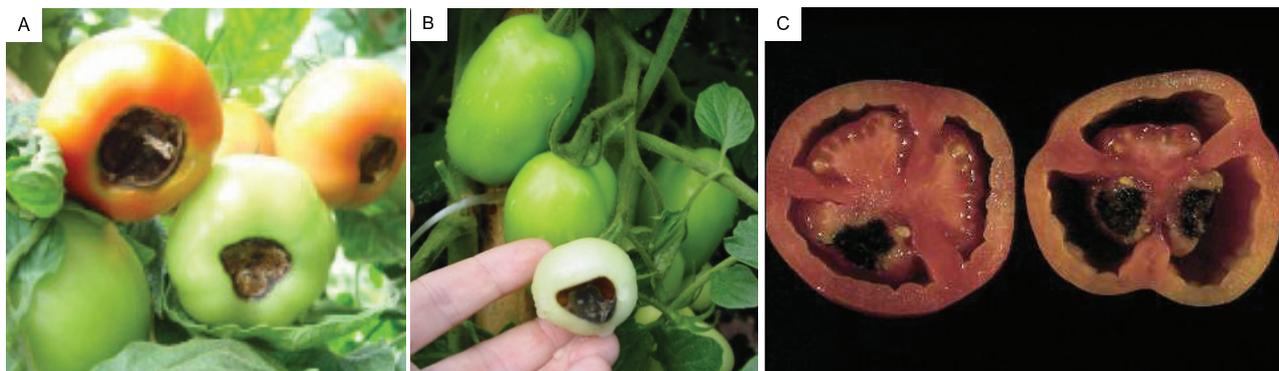


Figura 11. Sintomas de deficiência de cálcio em tomate: Podridão apical no fruto (A e B) e Necrose interna do fruto ou coração-preto (C)

Foto: acervo da Embrapa Hortaliças

- **Magnésio**

Está relacionado diretamente com a fotossíntese, uma vez que está presente na molécula da clorofila, tendo também um papel estrutural.

O teor de Mg trocável no solo é muito baixo e a planta o absorve da solução do solo na forma de cátion Mg^{2+} . A presença excessiva dos íons K^+ , Ca^{2+} , NH_4^+ e Mn^{2+} na solução do solo pode limitar sua absorção pela planta.

A distribuição do Mg no interior da planta é moderada e ocorre via xilema e floema. Os sintomas de deficiência são observados nas folhas mais baixas e caracterizados pela ocorrência de clorose entre as nervuras. Esse padrão de deficiência é denominado amarelo-baixeiro (Figura 12).

Recomenda-se manter os teores de Mg^{2+} sempre acima de $1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ com vistas a induzir a formação do par iônico $MgHPO_4$, para aumentar a eficiência das plantas em absorver o fosfato.



Figura 12. Sintomas de deficiência de magnésio em folhas de tomate: amarelecimento das regiões internervais das folhas velhas

Foto: Leandro Hahn

- **Enxofre**

Está presente nas proteínas, uma vez que são componentes de alguns aminoácidos, vitaminas e hormônios da planta. No solo, está presente nas formas orgânica e inorgânica e o sulfato (SO_4^{2-}) é a principal forma absorvida pelas plantas. Depois de absorvido, o SO_4^{2-} é reduzido e incorporado aos compostos orgânicos da planta.

Os sintomas de deficiência de S são similares ao da falta de N, porém, devido à sua moderada translocação no interior da planta, eles aparecem nas folhas jovens, recém-desenvolvidas. Em geral, as lâminas inferiores das folhas apresentam-se uniformemente amareladas ou cloróticas.

O uso de formulações mais concentradas de fertilizantes NPK são as principais causas da redução dos teores disponíveis de S. Os baixos teores de MOS e secas prolongadas também explicam os baixos teores de S no solo, em especial naqueles de fertilidade construída. No solo, teores acima de 10 mg dm^{-3} são considerados adequados para o tomate.

- **Micronutrientes**

Os teores de Fe e Mn se apresentam disponíveis em quantidades adequadas na maioria dos solos brasileiros. Já o B, Cu, Mo, Ni, e Zn são deficientes e a restituição deles deve fazer parte do programa de adubação do tomateiro, especialmente o B e Zn.

O pH do solo afeta a disponibilidade dos micronutrientes na solução do solo, portanto, deve-se ter cuidado com o excesso de corretivos da acidez. Com exceção do Mo e do Cl, os demais micronutrientes têm a sua disponibilidade limitada com o aumento do pH.

Do ponto de vista econômico, o B seguramente é o micronutriente mais relevante para o tomateiro. Sua função na planta está associada à formação dos frutos, desde o florescimento, crescimento do tubo polínico e frutificação. Sua deficiência afeta o crescimento do fruto e pode reduzir seu padrão comercial, devido ao surgimento de rachaduras no pedúnculo. Além disso, pode apresentar também abortamento floral e lóculo aberto e escurecimento no interior dos frutos (Figura 13).

O B apresenta interação sinérgica com Ca, pois auxilia na sua absorção e metabolismo. Ambos participam da formação da pectina das membranas celulares, na absorção de água, no metabolismo de glicídios e transporte de carboidratos.

A disponibilidade do B para as plantas depende da sua interação com os argilominerais, matéria orgânica e óxidos de Fe e Al do solo. O ácido bórico (H_3BO_3) e o ânion borato ($\text{B}(\text{OH})_4^-$) são as principais formas químicas absorvidas pela planta.



Os fatores que condicionam o aparecimento dos sintomas de deficiência de B são: calagem excessiva, índice de precipitação elevado e irrigação em excesso. A textura do solo influencia também no comportamento do B, já que, em solos de textura arenosa, ele pode ser facilmente lixiviado, enquanto para solos de textura argilosa, sua mobilidade é pequena.

O papel do Zn na nutrição de plantas é de cofator enzimático de vários processos metabólicos, como síntese de auxinas e outros hormônios vegetais relacionados ao crescimento. Por causa disso e devido à baixa mobilidade no interior da planta, a deficiência de Zn caracteriza-se pelo encurtamento dos entrenós, deformação e clorose das folhas e, quando é intensa, redução no tamanho das folhas.

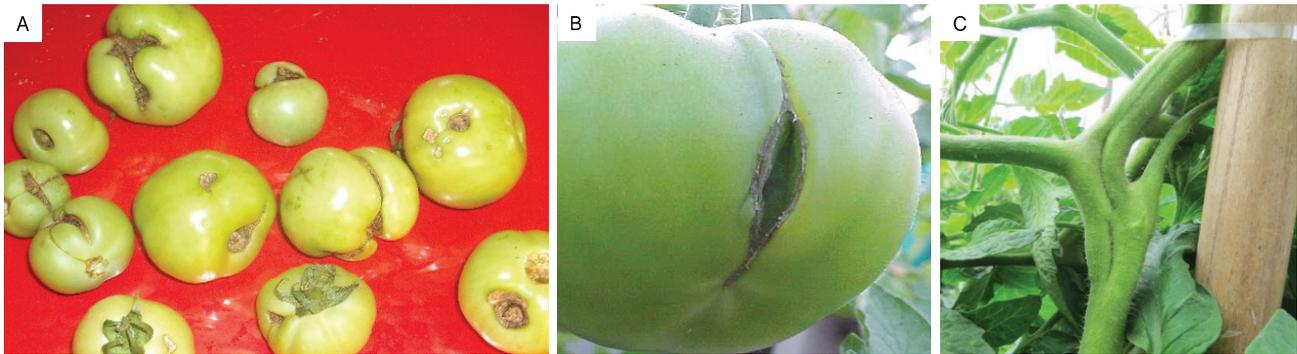


Figura 13. Sintomas de deficiência de boro em tomate. Rachaduras nos frutos (lôculos abertos) (A e B) e encurtamento dos internódios e afinamento do talo, inclusive com rachaduras (C)

Fotos: Leandro Hahn

7.2. Acúmulo de nutrientes pelo tomateiro

Entre as espécies cultivadas, o tomateiro está entre as mais exigentes em nutrientes. Para atingir elevadas produtividades, em muitos casos podendo ultrapassar as 200 t/ha, o tomateiro precisa extrair do solo ou retirar da solução nutritiva quantidades elevadas de nutrientes.

Para conhecer a demanda nutricional do tomateiro, utiliza-se a marcha de absorção de nutrientes da cultivar. A partir dessa informação é possível montar um programa de manejo da fertilidade e nutrição do tomateiro, considerando sua demanda nos diferentes estádios fenológicos. É possível encontrar na literatura, ou obter com as empresas detentoras dos cultivares e híbridos de tomate, curvas de absorção de nutrientes para os principais grupos de tomate cultivados no país.

As quantidades e as proporções dos nutrientes absorvidos dependem de características intrínsecas do tomateiro, como, também, dos fatores externos que condicionam o processo – sistema e época de cultivo, tipo de solo, concentração de nutrientes disponível, temperatura, luminosidade, umidade relativa, dentre outras.

De maneira geral, os nutrientes mais requeridos pelo tomateiro durante todo o período de cultivo apresentam a sequência: macronutrientes = $K > N > Ca > S > P > Mg$; micronutrientes: Cu, Mn, Fe, B e Zn.

O K e N sempre ocupam as primeiras posições e o período de máxima absorção deles ocorre entre os 100 e 120 dias após transplantio (DAT). Isso justifica também a necessidade do parcelamento das adubações com NK, além da possível perda de nutrientes. É importante ter atenção quanto a maior absorção de Ca e S em relação ao P.

A partir do tratamento matemático dos dados da curva de absorção de nutrientes é obtida a taxa de absorção diária ($mg\ planta^{-1}\ dia^{-1}$) e o período de máxima absorção. Estas duas informações são fundamentais para manejo da fertirrigação.

TABELA 11. Quantidades elevadas de nutrientes absorvida (kg ha^{-1}) e portagem alocada nos frutos (%). Valores entre parênteses indicam o intervalo de valores observados para diferentes cultivares

NUTRIENTE	ABSORÇÃO		FRUTO	
	----- kg ha^{-1} -----		----- % -----	
N	234,7	(206 – 306)	66,3	(55 - 84)
P	44,2	(30 – 68,5)	70,0	(54 - 86)
K	307,3	(264 – 360)	65,3	(55 - 80)
S	38,8	(29,2 – 49)	9,8	(5 - 21)
Ca	144,6	(85,2 – 202)	31,3	(20 - 63)
Mg	31,8	(26,5 – 40)	25,7	(20 - 34)
Fe	2,2	(1,41 – 3,2)	43,0	(23 - 63)
Mn	1,2	(0,34 – 2,1)	3,2	(3,0 - 3,4)
Zn	1,6	(0,69 – 3,4)	22,5	(20 - 25)
B	0,9	(0,5 – 1,2)	--	

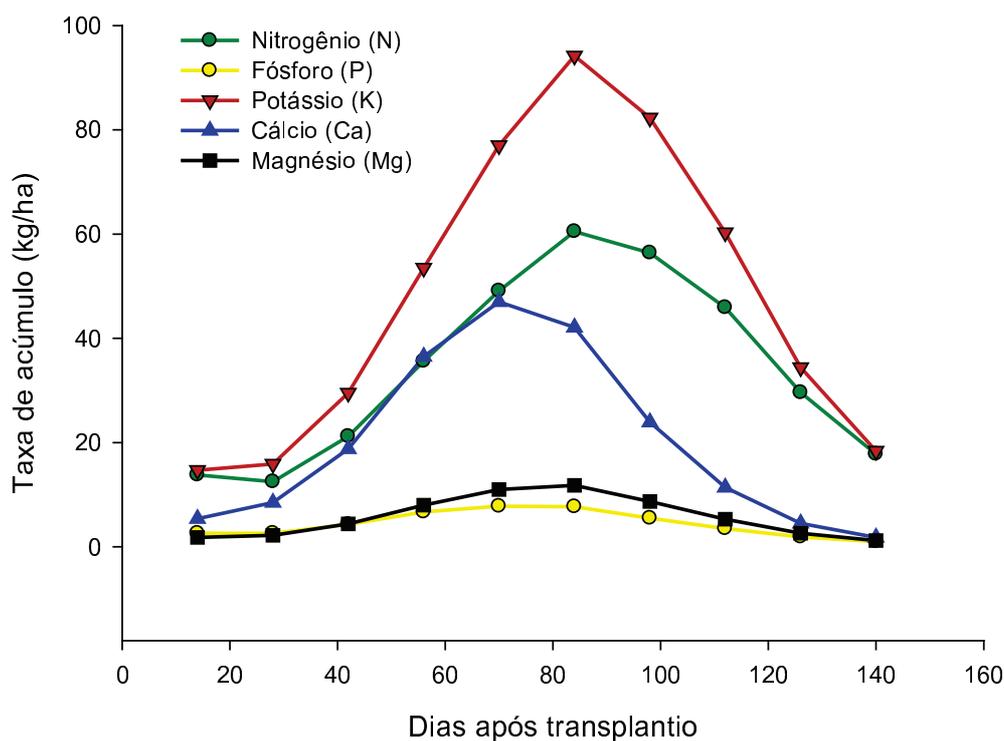


Figura 14. Taxa de acúmulo a cada 14 dias de macronutrientes de um híbrido de tomate estimada pela curva de absorção em função da idade da planta

Fonte: Hahn et al. (2019)

7.3. Diagnóstico do estado nutricional do tomate

As folhas são as melhores indicadoras do estado nutricional do tomateiro, uma vez que há uma correlação clara entre o crescimento e a produtividade da cultura com os teores de nutrientes nos tecidos. Assim, a análise química das folhas-índices é uma ferramenta importante para

o diagnóstico e prognóstico do balanço nutricional da planta, pois possibilita a correção da deficiência ou de excesso de determinado nutriente ocasionado, por exemplo, por desequilíbrios ocorridos durante a adubação.



Similar à amostragem para análise química do solo, para a diagnose foliar é preciso seguir as recomendações regionais de amostragem e obedecer estritamente à fase fenológica do tomateiro para amostrar as folhas e para interpretar os resultados, utilizando valores de referência. Além dos valores de referência, é recomendado balizar o resultado da análise foliar com a análise de solo e o histórico de adubação da área. A Tabela 12 apresenta faixas de teores adequados de macronutrientes e micronutrientes em folhas de tomateiro para diferentes estados produtores.

A recomendação da análise foliar do tomate é por amostragem de folhas completas (limbo com pecíolo): coletar a quarta folha completamente expandida da haste principal a partir da ponta, por ocasião do 1º fruto maduro (Figura 15). Cada amostra deverá ser composta de, aproximadamente, 25 plantas, dependendo da homogeneidade. Cada amostra representa uma condição nutricional. Assim, folhas com sintomas de deficiência nutricional não devem ser misturadas com aquelas normais. Cada amostra deve ser constituída de folhas de plantas da mesma idade e da mesma cultivar. As folhas que compõem a amostra devem estar livres de doenças e de danos causados por insetos.



Figura 15. Coleta da quarta folha completamente expandida da haste principal a partir da ponta, por ocasião do 1º fruto maduro, para diagnose do estado nutricional do tomate

Foto: Leandro Hahn

Na amostragem de folhas na maturação do primeiro fruto, eventuais problemas nutricionais já ocorreram, e sua correção se torna tardia. Para coletas realizadas anteriormente a este período, não existem padrões disponíveis para interpretação, devendo o produtor valer-se de análise visual ou comparar os resultados da análise foliar de plantas com sintomas de deficiência com resultados da análise foliar de plantas bem nutridas.

TABELA 12. Faixas de teores adequados de macronutrientes e micronutrientes em folhas de tomateiro adotadas em diferentes estados produtores

	MACRONUTRIENTE						MICRONUTRIENTE				
	----- g kg ⁻¹ -----						----- mg kg ⁻¹ -----				
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
MG ^{1/} Limbo	26,4	5,9	91,8	27,4	4,9			41	66	103	134
MG ^{1/} Pecíolo	4,59	5,6	57,2	44,0	5,0			40	268	290	37
SP ^{2/}	40 – 60	4 – 8	30 - 50	15 – 30	4 - 7	3 - 7	30 – 100	5 - 15	100 – 300	50 – 250	30 - 100
RS/SC	40-60	4 - 8	30-50	14 - 40	4 - 8	3 - 10	30-100	5-15	100-300	50-250	30-100

Fonte: ^{1/} Cantarutti et al. (2007); ^{2/}Raij (2019); CQFS-RS/SC (2004).

8. Referências

- ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. **Calagem**. In.: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G., ALVAREZ V., V.H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5a Aproximação. Viçosa, MG. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.43-60, 1999.
- CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E.P.; NOVAIS, R.F. **Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes**. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (editores). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.92-132, 2007.
- DECHEN, A.R.; NACHTIGALL, G.R. **Elementos requeridos à nutrição de plantas**. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (editores). Fertilidade do Solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.92-132, 2007.
- FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, L.F.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.232-237, 2001.
- FONTES, R.R. **Recomendação para uso de corretivos, matéria orgânica e fertilizantes para hortaliças - DF, 1ª aproximação** – EMATER-DF/CNPH, Brasília-DF, 1987, 50p.
- FONTES, R.R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J.B.C; GIORDANO, L.B. (editores). **Tomates para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, Embrapa Hortaliças, p. 22-35, 2000.
- HAHN, L.; FELTRIM, A.L.; BERNARDI, M.; DAL BOSCO, P.; MOREIRA, M. **Análise de crescimento e marcha de absorção de nutrientes em plantas de tomate fertirrigado híbrido 'Coronel'**. Florianópolis: Epagri, 2019, 21p. (Relatório de Pesquisa).
- OLSON, S.M; SIMONNE, E.H.; STALL, W.M.; VALLAD, G.E.; WEBB, S.E.; MCAVOY, E.J. SMITH, S.A. **Pepper production in Florida**. In.: Olson, S.M.; Santos, B. (editors). The vegetable production

handbook for Florida 2010 - 2011. p. 211-226, 2010.

RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. eds. **Recomendação adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

SOUSA, D.M.G. **Acidez do solo e sua correção**. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.205-274, 2007.

SOUSA, D. M. G.de; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos do Cerrado**. 2a. ed. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2005, 18p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica 32). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/568533/1/cirtec32.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2008.

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

VALMORBIDA, J.; WAMSER, A. F.; SANTIN, B.L.; ENDER, M. Métodos de manejo e plantas de cobertura do solo para o cultivo do tomateiro tutorado. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, p. 76-81, 2020.

Informações complementares

TABELA 1. Principais conversões de unidades utilizadas na fertilidade do solo

DE	PARA	CONVERSÃO
mg/dm ³	kg/ha	mg/dm ³ x 2
% = dag/kg	g/dm ³ , g/kg e g/L	% (dag/kg) x 10
ppm	mg/kg ³ , mg/dm ³ e mg/L	ppm x 1
meq/100 cm ³	mmol _c /dm ³	meq/100 cm ³ x 10
cmol _c /dm ³	mmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³ x 10
K (cmol _c /dm ³)	K (mg/dm ³)	K (cmol _c /dm ³) x 0,391
Na (cmol _c /dm ³)	Na (mg/dm ³)	Na (cmol _c /dm ³) x 0,230
Ca (cmol _c /dm ³)	Ca (mg/dm ³)	Ca (cmol _c /dm ³) x 0,200
Mg (cmol _c /dm ³)	Mg (mg/dm ³)	Mg (cmol _c /dm ³) x 0,120
K ₂ O	K	K ₂ O x 0,83
P ₂ O ₅	P	P ₂ O ₅ x 0,437
CaO	Ca	CaO x 0,715
MgO	Mg	MgO x 0,602

Banco de imagem



Deficiência boro – Rachadura na região do pedúnculo



Deficiência de Mg – Amarelecimento entre as nervuras



A



B

Planta de tomate em fase inicial. A – Planta bem nutrida; B – Planta com deficiência de N
Clorose generalizada principalmente nas folhas mais velhas

Fotos: Juscimar Silva



Deficiência de Ca – Podridão Estilar / Podridão Apical / Fundo Preto

Fotos: Juscimar Silva