

Capítulo IX

Calagem, adubação e nutrição na macieira

Leandro Hahn¹

Marlise Nara Ciotta²

Gilmar Ribeiro Nachtigall³

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri), Estação Experimental de Caçador, Rua Abílio Franco, 1500, Bairro Bom Sucesso, CEP 89501-032, Caçador, SC. E-mail: leandrohahn@epagri.sc.gov.br

² Engenheira Agrônoma, Doutora em Ciência do Solo, Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri), Estação Experimental de Lages, Rua João José Godinho, s/n, Bairro Morro do Posto, CEP 89502-970, Lages, SC. E-mail: marlise@epagri.sc.gov.br

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho - Estação Experimental de Fruticultura de Clima Temperado, BR 285, Km 115 - Caixa Postal 177, CEP 95200-970 Vacaria, RS, Brasil. E-mail: gilmar.nachtigall@embrapa.br

Resumo: A produção de maçã destaca-se nas regiões de altitude do Sul do Brasil como importante cultura geradora de mão-de-obra e renda. A produtividade, aliada à qualidade dos frutos produzidos, são aspectos de relevância e dependem do adequado manejo do pomar, principalmente em termos de fertilidade do solo e nutrição das plantas. Assim, as correções da acidez e da fertilidade do solo permitem a adequada absorção de nutrientes pela macieira, o que se reflete no bom estado nutricional da macieira e rendimento de frutos. Esse capítulo tem por objetivo sistematizar e disponibilizar conhecimentos, visando auxiliar na tomada de decisão quanto à necessidade do uso, doses e época para o uso de corretivos e adubos na macieira. O manejo inicia antes da implantação do pomar, quando por meio da análise do solo, faz-se o diagnóstico da necessidade de correção da acidez e necessidade de adubação com macro e micronutrientes. Uma vez realizada a implantação do pomar, as fases de crescimento e produção necessitam acompanhamento e manejo específico, onde a fertilidade do solo será adequada conforme a análise. Nestas fases, uma ferramenta importante é o diagnóstico nutricional da planta que é feita pela análise mineral de folhas, complementada pela análise mineral de frutos, entre outros aspectos, tais como, vigor da planta e potencial produtivo. As indicações e sugestões apresentadas neste capítulo representam importantes subsídios aos técnicos e produtores de macieira, visando a obtenção de altos rendimentos de frutos com qualidade, a partir de plantas equilibradas nutricionalmente.

Palavras-Chave: *Malus domestica* Borkh; correção da acidez; adubação pré-plantio; análise foliar; composição nutricional dos frutos; adubação foliar

1. Introdução

A macieira deve ser cultivada preferencialmente em regiões cuja aptidão edafoclimática seja adequada para a cultura. Na região sul do Brasil, o cultivo da macieira ocorre em regiões

onde predominam basicamente quatro tipos de solos, que apresentam grande variabilidade de características químicas e físicas. Estes solos pertencem as classes Latossolos, Nitossolos, Cambissolos e Neossolos, os quais, em termos gerais, são caracterizados por apresentarem baixos valores de pH em água, baixa disponibilidade de P, Ca e Mg e altos teores de Al trocável (Al) e Mn trocáveis. Por outro lado, apresentam boa disponibilidade de K e teores médios à altos de matéria orgânica do solo. De modo geral, antes da implantação do pomar esses solos, quando diagnosticada a necessidade pela análise de solo, necessitam da aplicação de corretivos da acidez do solo e adubações. No que se referem às características físicas dos solos, estas não constituem fator limitante para o cultivo da macieira. Ressalta-se que, especialmente os Neossolos na região de São Joaquim (SC), são rasos e pedregosos, o que pode dificultar operações de preparo inicial do solo.

2. Correção da acidez do solo

A calagem deve ser realizada quando o pH (em água) do solo for menor que 6,0 na camada de até 20 cm. Como foram obtidas amostras de solo nas camadas de zero a 20 cm e de 20 a 40 cm, as quantidades de calcário para cada uma das camadas são diferentes. Para as camadas de zero a 20 cm e 20 a 40 cm, a dose de calcário é baseada na quantidade obtida com o Índice SMP do solo para atingir os valores de pH 6,5 e 6,0, respectivamente (Tabela 1). Em solos da região de São Joaquim, bem mais rasos que os da região de Fraiburgo e Vacaria, muitas vezes não é possível realizar a amostragem nas camadas de zero a 20 cm e 20 a 40 cm. Nesse caso, a amostragem e incorporação de calcário devem ser proporcional à camada amostrada. Para favorecer a absorção de Ca pelas macieiras deve-se aplicar corretivos de acidez que propiciem, ao término da reação no solo, uma relação Ca:Mg de 3 a 5:1. O calcário dolomítico e, quando necessário, sua mistura com calcário calcítico, resulta numa relação equilibrada desses dois nutrientes. Convém destacar que o preparo adequado do solo em áreas a serem cultivadas com macieiras consiste em aplicar a metade da dose de calcário (se as doses recomendadas forem superiores a 5,0 t ha⁻¹); realizar a subsolagem até a camada de 40 a 60 cm (duas vezes), sendo a segunda passada do subsolador no sentido perpendicular à primeira; aplicar a outra metade da dose de calcário (inclusive nesta oportunidade podem ser aplicados os e adubos de correção); realizar a aração (mais profunda possível) e, por fim, a gradagem próxima ao plantio.

Tabela 1. Recomendações de calagem (calcário com PRNT 100%) com base no Índice SMP para os estados do RS e SC, para elevar o pH em água até 6,0.

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).

3. Adubação de pré-plantio

Na adubação de pré-plantio, a interpretação dos teores de P no solo é estabelecida com base no seu teor (extrator Mehlich-1) e no teor de argila. O teor de K é definido com base no seu teor no solo (extrator Mehlich-1) e valor de CTC_{pH7,0} (Tabelas 2 e 3). Além do P e K, normalmente é aplicado B nas áreas a serem cultivadas com macieiras. Estes nutrientes devem ser incorporados ao solo preferencialmente com uso de arado e grade. Os fertilizantes devem ser espalhados a lanço, preferencialmente sobre toda a superfície do solo.

Tabela 2. Interpretação do teor de P do solo extraído pelo método Mehlich-1, conforme 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 $P \text{ Mehlich-1} = P \text{ Mehlich-3} / (2 - (0,02 \times \text{argila}))$. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Tabela 3. Interpretação do teor de K 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 $\text{Mehlich-1} = K \text{ Mehlich-3} \times 0,83$. Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

As recomendações de adubação fosfatada e potássica em pré-plantio de macieira encontram-se na Tabela 4. Os fertilizantes devem ser aplicados a lanço em área total e incorporados na camada de zero a 20 cm de profundidade. Para correção do solo apenas em faixas deve-se calcular a dose de adubos proporcional à área a ser preparada. Além da adubação com P e K, recomenda-se aplicar 3 a 5 kg ha⁻¹ de B, sugerindo-se aplicar de 30 a 50 kg ha⁻¹ de bórax na linha ou cova de plantio.

Tabela 4. Quantidades de fósforo e potássio recomendadas em pré-plantio para as espécies frutíferas, em função dos teores de P e K disponíveis no solo.

Interpretação do teor de P e K no solo	Fósforo	Potássio
	kg de P ₂ O ₅ ha ⁻¹	kg de K ₂ O ha ⁻¹
Muito baixo	250	150
Baixo	170	90
Médio	130	60
Alto	90	30
Muito alto	0	0

Fonte: Adaptado de CQFS-RS/SC (2016).

O P deve sempre ser aplicado preferencialmente na forma de fosfatos solúveis (superfosfato simples ou triplo, fosfato monoamônico – MAP – ou fosfato diamônico – DAP ou adubos formulados, tendo-se o cuidado de calcular a quantidade a ser aplicada de forma complementar com adubos simples). Os fosfatos naturais não são recomendados para a adubação de pré-plantio na cultura da macieira, devido à baixa solubilidade e eficiência, principalmente após a correção da acidez do solo. Como a mobilidade de P no solo é praticamente nula, são muito poucos os benefícios da aplicação deste em cobertura. Assim, o melhor método para fornecer este nutriente para a cultura é sua aplicação na implantação do pomar. Aplicações de manutenção na fase de produção do pomar podem até ser suprimidas por um longo período se a concentração foliar for normal.

O cloreto de K é a principal fonte do nutriente para a adubação de pré-plantio. O excesso de K no solo pode ter efeitos indesejáveis sobre a cultura da macieira por sua ação antagonista sobre a absorção de Ca e Mg, podendo desequilibrar a relação entre estes nutrientes nos frutos e prejudicar sua conservação.

Outra opção é a utilização de adubo orgânico que, na maioria das vezes, deve ser complementado com adubação mineral. Podem ser usadas fontes como dejetos de bovinos, suínos e de aves, porém, 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.

4. Adubação de crescimento

Uma vez que a correção inicial do solo pela calagem e a adubação de pré-plantio tenham sido bem realizadas, a etapa seguinte compreende cuidados com o manejo do solo durante a fase inicial do pomar. Esse período é importante, pois as plantas estão em fase de formação do dossel vegetativo adequado para a fase produtiva. Avaliações da necessidade de adubação são realizadas com uma adequada análise do solo e, como forma complementar, da análise foliar. Além disso, a tomada de decisão quanto às doses a serem aplicadas anualmente deve levar em

consideração outros fatores, tais como tipo de porta-enxerto, de cultivar e o crescimento vegetativo. Na fase de crescimento, o principal nutriente que a planta necessita é o N. A sua função na planta está relacionada com o crescimento vegetativo e a formação de estruturas de reserva. Por ser a macieira uma espécie perene, grande parte do N fica armazenado nas estruturas de reserva de um ciclo a outro, como caule, raízes e tronco, o qual pode ser remobilizado na planta conforme a demanda em momentos de brotação ou crescimento. Por essa razão, e em função das características da planta, excessos de N podem levar a desequilíbrios nutricionais que acabam influenciando o rendimento e a qualidade de frutos. Os teores de N na folha da macieira considerados normais estão entre 20 e 25 g kg⁻¹ (CQFS-RS/SC, 2016).

Para a adubação nitrogenada, a principal fonte comumente utilizada é a ureia (44% de N), podendo ser usado sulfato de amônio, nitrato de amônio ou nitrato de Ca. O adubo nitrogenado deve ser aplicado anualmente e, de preferência, parcelado em duas ou três aplicações conforme a dose, a cada 45 dias, a partir do início da brotação (Tabela 5). Os adubos nitrogenados devem ser aplicados na área abrangida pela projeção da copa das mudas, ao longo da fila de plantio. Por ser um elemento móvel no solo, o N na forma de nitrato pode sofrer perdas no perfil do solo por lixiviação – por isso a recomendação de aplicar especialmente próximo dos momentos em que a planta mais precisa do nutriente. A aplicação de ureia em dias quentes e secos promove a perda de N por volatilização, de modo que deve ser evitada. Assim, esta somente deve ser aplicada com umidade no solo, logo antes ou após uma chuva ou irrigação, e na área de projeção da copa. Nessas condições, tem-se alta eficiência técnica e econômica com o uso desse fertilizante.

Tabela 5. Recomendação de adubação nitrogenada na fase de crescimento vegetativo da macieira.

Teor de matéria orgânica do solo	Anos após o plantio		
	1º	2º	3º
%	kg ha ⁻¹ de N		
≤ 2,5	40	50	60
2,6 a 5,0	30	40	50
> 5,0	15	25	30

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

5. Adubação na fase de produção

5.1 Adubação via solo

A partir do momento que o pomar inicia a produção, passa-se a trabalhar com a adubação de manutenção ou de produção. A adubação de manutenção visa manter a fertilidade do solo construída antes do plantio do pomar, bem como repor as quantidades dos nutrientes extraídos pelas plantas e perdidas ou indisponibilizadas pelas reações que ocorrem no solo. Deve-se considerar que parte dos nutrientes absorvidos pela planta são exportados do pomar pelos frutos comercializados anualmente, constituindo-se em importante parcela a ser repostada pela adubação de manutenção (Tabela 6).

Tabela 6. Exportação de nutrientes em frutos de macieira.

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Exportação ⁽¹⁾	----- kg tonelada ⁻¹ -----					----- g tonelada ⁻¹ -----					
'Gala'	0,31	0,18	1,05	0,05	0,06	-	1,75	0,56	30,75	2,13	0,49
'Fuji'	0,32	0,23	1,10	0,04	0,05	-	2,23	0,82	25,25	1,39	0,43

⁽¹⁾Quantidade do nutriente nos frutos *in natura*, para cada tonelada de frutos produzida. Fonte: Schweitzer et al. (2019).

Os nutrientes e as quantidades a serem aplicadas são definidos a partir de análises do solo, foliar e, quando possível, de frutos. Além disso, devem ser considerados fatores como idade das plantas, produtividades obtidas nas últimas safras, vigor de plantas e sistema de condução. A aplicação dos fertilizantes na fase de manutenção do pomar deve ser feita na área abrangida pela projeção da copa das plantas ao longo da fila de plantio.

As quantidades de adubo nitrogenado a serem aplicadas dependem do teor do nutriente na folha e da produtividade do pomar (Tabela 7). Destaca-se que em pomares com concentrações de N foliar acima de 2,5% e com o crescimento dos ramos do ano acima de 25 cm, a adubação nitrogenada anual pode ser totalmente suprimida. Em pomares cobertos com tela antigranizo tem-se uma tendência de maior crescimento vegetativo das plantas, de modo que se deve ter mais atenção com a aplicação de N. Nestas condições, de modo a evitar o excessivo crescimento vegetativo das plantas, as quantidades de N a serem aplicadas podem ser reduzidas.

Recomenda-se aplicar 60 a 80% da dose de N na primavera, a partir do inchamento das gemas, e 20 a 40% em pós-colheita. Doses maiores de N em pós-colheita devem ser aplicadas, preferencialmente, em anos de alta produção.

A fonte principal de N é a ureia, porém também podem ser utilizadas fontes orgânicas, conforme a disponibilidade na região de cultivo, além da manutenção de resíduos vegetais sobre a superfície do solo que promovem a ciclagem de diversos nutrientes, mantendo mais constantes a umidade e a temperatura do solo. Fontes de N de liberação lenta ou controlada ou fontes estabilizadas são opções disponíveis aos produtores para aumentar a eficiência da adubação nitrogenada. No entanto, a aplicação dessas fontes na fruticultura não tem sido suficientemente avaliada pela pesquisa, de modo que o produtor precisa avaliar a relação custo-benefício ao adquirir esses fertilizantes.

Resultados de pesquisa mostram que existe diferente resposta da macieira à aplicação de N no solo. Isso se deve principalmente ao tipo de solo predominante nas regiões, em combinação com condições climáticas, precipitação e temperatura. Na região do Planalto Sul Catarinense, em que predominam Neossolos e Cambissolos, caracteristicamente rasos e com a presença de pedras, a macieira geralmente responde à aplicação da adubação nitrogenada (Oliveira et al., 2014). Já no Meio-Oeste e no Planalto Norte de Santa Catarina, onde predominam Nitossolos, e na região de dos Campos de Cima da Serra no Rio Grande

do Sul, onde predominam Latossolos, as respostas à adubação nitrogenada são bem inferiores ou até mesmo inexistentes (Ernani et al., 2000; Nachtigall & Dechen, 2007).

Tabela 7. Quantidades de N a aplicar com base em teores foliares, produtividade esperada, crescimento de ramos do ano e cultivar.

Teor de N na folha ^(1,2)	Produtividade	Crescimento dos ramos no ano (cm)		
		< 15	15 a 25	> 25
%	(t ha ⁻¹)	----- kg ha ⁻¹ de N -----		
< 2,0	≥ 50	50	40	30
	< 50	35	20	15
2,0 a 2,5	≥ 50	30	20	0
	< 50	10	0	0

⁽¹⁾ Não aplicar N quando o teor for maior que 2,5%. ⁽²⁾ Em regiões mais frias e com ocorrência de solos rasos, a exemplo da região de São Joaquim/SC, as quantidades podem ser aumentadas em 50%. Fonte: Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

O P é o nutriente que tem suas funções não diretamente ligadas ao aumento de produtividade, mas às formas de energia na planta e, por isso, é de grande importância para a macieira. Os escassos trabalhos de pesquisa realizados até então no Brasil indicam a ausência de resposta da adubação fosfatada na produtividade e qualidade de frutos de macieira (Nachtigall, 2012; Nava et al.; 2017).

As quantidades recomendadas para reposição desse nutriente (Tabela 8) devem ser interpretadas pela análise de solo e, quando possível, análise foliar. Uma vez identificada a necessidade de reposição, um dos principais adubos fosfatados utilizados é o superfosfato triplo. A adubação poderá ser realizada no inverno.

Tabela 8. Quantidade de P a aplicar com base nos teores foliares, teores no solo e na produtividade esperada.

Teor de P na folha (%)	Interpretação do teor de P no solo	Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	
		< 50	> 50
----- kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅ -----			
< 0,15	Muito baixo, baixo e médio	30	50
	Alto ou muito alto	20	30
≥ 0,15	Muito baixo, baixo e médio	0	20
	Alto ou muito alto	0	0

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

Como o K é o nutriente mais extraído pelos frutos de macieira, geralmente a produtividade está positivamente associada com os teores de K no solo. Embora os solos da região produtora de maçãs do sul do Brasil possam conter teores de médios a altos de K, a não reposição por meio das adubações causaria rápido declínio das reservas de K desses solos.

Em ensaio experimental realizado em três pomares da região de São Joaquim o rendimento de maçãs foi aumentado pela adubação potássica em quatro das oito safras avaliadas (NAVA & DECHEN, 2009). Resultados semelhantes foram obtidos na região de Vacaria, RS, onde a aplicação de doses crescentes de K via solo por 12 safras proporcionou aumento significativamente a produtividade (Nachtigall et al., 2007).

Quando detectada a necessidade de adubação potássica no solo, esta pode ser aplicado logo após a colheita da maçã ou no inverno, quando a planta está em repouso vegetativo. A dose depende de seus teores no solo e na folha e da produtividade esperada (Tabela 9).

Tabela 9. Quantidade de K a aplicar com base nos teores foliares e teores no solo.

Teor de K na folha (%)	Teor de K no solo (mg dm ⁻³)	Potássio (kg ha ⁻¹ de K ₂ O)
<1,20	< 150	100 ⁽¹⁾
	150-200	60
	> 200	40
≥1,20	< 150	30
	150-200	20
	> 200	0

⁽¹⁾ Aumentar 2,5 kg t ha⁻¹ para cada tonelada de frutos produzida acima de 50 t ha⁻¹. Fonte: Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

5.2 Adubação via foliar

Em condições normais de manejo não são recomendadas adubações foliares com N, P e K, uma vez que as quantidades demandadas pela macieira durante cada ciclo são altas, o que dificulta o fornecimento via foliar. Contudo, em casos de comprovada deficiência e visando a sua correção durante a safra, podem ser utilizadas aplicações foliares visando minimizar a deficiência.

A adubação foliar normalmente objetiva complementar a adubação via solo, sendo uma excelente ferramenta para a correção de deficiências nutricionais verificadas durante a safra, ou então, para atender a demanda de nutrientes cuja absorção seja restritiva para a cultura, como é o caso do Ca e do B.

O Ca, devido ao papel fisiológico em frutos, quando em deficiência na planta pode causar determinados distúrbios como o *bitter pit*. Uma vez que a mobilidade desse nutriente é baixa na planta, sua aplicação por via foliar torna-se importante. Para o cultivo de macieiras no Sul do Brasil, são encontrados resultados positivos às aplicações foliares de Ca durante a etapa de frutificação, em especial na superfície dos frutos em desenvolvimento.

Resultados com a ‘Fuji’ mostraram que a aplicação de Ca via foliar diminuiu a incidência de distúrbios fisiológicos nos frutos de macieira, bem como o uso de diferentes fontes de Ca tiveram a mesma eficiência (Nachtigall & Nava, 2010). De maneira geral, recomenda-se fazer cinco a dez pulverizações quinzenais com solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) ou nitrato de cálcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) de 0,4 a 0,5% nas plantas em produção a partir do final de outubro.

O B faz parte de metabólitos secundários e tecidos fotossintéticos na macieira, incluindo partes jovens e em crescimento. Sua aplicação foliar justifica-se como forma de complementar a adubação via solo, a qual deve ser realizada no preparo do solo, antes do plantio das mudas. O trabalho de Sá et al. (2014) mostra que a aplicação foliar com B diminui o teor de amido e a acidez titulável e não afeta o teor de sólidos solúveis e a firmeza da polpa dos frutos na colheita em ‘Gala’ e ‘Fuji’. Porém, em Cambissolos Húmicos na região de São Joaquim, que apresentem pH próximo de 6,0 e alto teor de MO, não há necessidade de aplicações anuais com B para incrementar a produção de maçãs, desde que o solo tenha sido fertilizado com esse nutriente em pré-plantio.

Especificamente para ‘Gala’ e suas mutações, a aplicação de B via foliar promoveu a antecipação de colheita, sem afetar negativamente a firmeza da polpa e os teores de sólidos solúveis quando foram feitas três aplicações de B a 0,08%, em intervalos de 30 dias, iniciando um mês após a plena floração (Nachtigall & Czermainski, 2014). O aumento no “fruit set” como resultado de pulverizações foliares com B durante a floração pode ser atribuído a um melhor estado nutricional com este nutriente na flor, pois é conhecido que o B desempenha importante função na germinação de pólen e no crescimento do tubo polínico (Dickinson, 1978; Brown et al., 2002).

Quando detectadas deficiências nutricionais de zinco (Zn), Mn ou Mg nos pomares, a recomendação é o suprimento por meio de duas pulverizações anuais (uma em setembro e outra em fevereiro). As fontes e dosagens para atender Zn, Mn e Mg são ZnSO_4 , MnSO_4 e MgSO_4 , nas dosagens 400, 200 e 400 g 100 L^{-1} de água, respectivamente.

Adubações ou aplicações foliares com Zn ou Mn devem ser feitas quando os teores foliares estiverem abaixo de 25 mg kg^{-1} . No caso de serem observadas deficiências severas de Mg, podem ser feitas até cinco pulverizações por ano com esse nutriente, espaçadas a cada mês.

5.3 Outras formas de manejo para melhorias químicas do solo

A manutenção da cobertura do solo com plantas anuais ou perenes, com manejo de roçadas na linha, é prática importante, com objetivo de melhorar a fertilidade do solo. As plantas de cobertura promovem a ciclagem de nutrientes, especialmente N e P que são liberados lentamente pela decomposição do material orgânico, sendo disponibilizados de forma constante e podendo suprir a demanda da planta.

Como formas alternativas de aumento ou melhoria da fertilidade do solo, também é comum o uso de fontes orgânicas de nutrientes (dejetos de suínos, aves, etc...). Essas fontes podem ser utilizadas desde que conhecidas às concentrações de nutrientes e a ausência de elementos potenciais contaminantes para o solo e água. Estudos de pesquisa na região Serrana de Santa Catarina com uso de cama sobreposta de suínos em pomares de

macieira indicam aumento de produção de frutos, mesmo sem incrementar N na folha (Oliveira et al., 2014).

Por outro lado, o uso de fontes orgânicas sem levar em conta as características químicas do produto e do solo, bem como das necessidades das plantas pode aumentar excessivamente os teores dos nutrientes no solo, promovendo o desequilíbrio nutricional das plantas de macieiras, além de poder causar a contaminação do solo e da água. O excesso de N, por exemplo, promove o crescimento vegetativo demasiado, causando sombreamento dos frutos, redução da coloração vermelha, queda da produtividade e frutos pequenos com polpa menos firme (Hahn et al., 2018). De modo semelhante, excesso de K ou aplicações deste elemento próximo à colheita, pode negativamente afetar a capacidade de armazenagem de frutos pela diminuição de sua firmeza e pelo aumento do risco de distúrbios fisiológicos. O resultado de toda aplicação de fertilizantes em excesso, são plantas desequilibradas na relação de estruturas frutíferas e vegetativas, com a produção de frutos de menor valor comercial.

5.4 Análise foliar e de polpa de frutos

A análise foliar é uma importante ferramenta de avaliação do estado nutricional das plantas, ou seja, permite verificar se manejo nutricional foi realizado corretamente, sem a ocorrência de deficiência ou excessos na concentração dos nutrientes na planta. Além disso, permite o diagnóstico rápido da necessidade ou não de suplementação mineral, principalmente de micronutrientes, uma vez que a avaliação das condições da planta e a definição de adubação desses nutrientes não podem ser detectadas apenas pela análise do solo.

O diagnóstico correto do estado nutricional e a confiabilidade nos resultados dependem diretamente da correta amostragem das folhas. Algumas situações de coleta para envio de análise nutricional devem ser evitadas, por exemplo: após chuva intensa, após adubação foliar e folhas com danos mecânicos, com danos por insetos, com infecção de doenças e contaminadas com agrotóxicos ou poeira excessiva. Sugestão pode ser a coleta de 50 a 100 folhas, para compor uma amostra, coletando-se quatro folhas por planta em 25 plantas representativas e distribuídas aleatoriamente numa área homogênea. Para isso, deve-se efetuar amostragens em glebas e considerar as características do solo, a idade das plantas, o porta-enxerto e cultivar, a produtividade e práticas culturais.

A coleta deve ser feita em torno de 100 a 120 dias após o início da brotação. Para as condições de clima temperado da região do Sul do Brasil, esse período ocorre entre 15 de janeiro e 15 de fevereiro para a região em que a plena floração ocorre na primeira quinzena de outubro. Coletar folhas completas (limbo + pecíolo) normais da parte mediana da brotação do ano, escolhendo ramos de crescimento médio e evitando aqueles com crescimento excessivo (ladrões) e também na altura mediana da copa e na parte externa da planta. As amostras devem ser acondicionadas em sacos de papel para envio imediato ao laboratório. Quando não tiver condições de encaminhar imediatamente ao laboratório, as folhas devem ser secas (temperatura não superior a 60 °C). Na Tabela 10 são apresentados os valores para interpretação do resultado da análise foliar.

Tabela 10. Interpretação da análise foliar da macieira.

Nutriente	Insuficiente	Abaixo	Normal	Acima	Excesso
N (g kg ⁻¹)	< 17,00	17,00 a 19,00	20,00 a 25,00	25,10 a 30,00	> 30,00
P (g kg ⁻¹)	< 1,00	1,00 a 1,40	1,50 a 3,00	> 3,00	***
K (g kg ⁻¹)	< 8,00	8,00 a 11,90	12,00 a 15,00	15,10 a 20,00	> 20,00
Ca (g kg ⁻¹)	< 8,00	8,00 a 10,90	11,00 a 17,00	> 17,00	***
Mg (g kg ⁻¹)	< 2,00	2,00 a 2,40	2,50 a 4,50	> 4,50	***
Fe (mg kg ⁻¹)	***	< 50	50 a 250	> 250	***
Mn (mg kg ⁻¹)	< 20	20 a 29	30 a 130	131 a 200	> 200
Zn (mg kg ⁻¹)	< 15	15 a 19	20 a 100	> 100	***
Cu (mg kg ⁻¹)	< 3	3 a 4	5 a 30	31 a 50	> 50
B (mg kg ⁻¹)	< 20	20 a 29	30 a 50	51 a 140	> 140

Fonte: CQFS-RS/SC (2016).

A análise de frutos tem como objetivo avaliar o equilíbrio nutricional próximo à colheita, constituindo-se em excelente ferramenta para prever possíveis ocorrências de distúrbios fisiológicos e auxiliar na tomada de decisão quanto ao destino a ser dado às frutas na colheita, inclusive um indicativo do período de armazenagem. Inúmeros distúrbios fisiológicos (exemplo: *bitter pit*, *cork spot*, depressão lenticelar, degenerescência interna da polpa, entre outros) em frutos de macieira são atribuídos a deficiências nutricionais, com destaque ao Ca.

Para a análise dos teores de minerais na polpa fresca de maçã, recomenda-se colher 20 frutos por amostra, de calibre médio, sadios e sem danos, representativos do pomar, coletados aleatoriamente na parte mediana das plantas. O período de coleta indicado é de 15 a 20 dias antes do ponto de colheita comercial. Os frutos devem ser acondicionados em saco plástico, identificados e encaminhados para o laboratório. Durante a amostragem no campo, o produtor deve ter o cuidado de coletá-los respeitando o prazo de carência da aplicação do último tratamento químico. Os frutos coletados não devem ficar expostos ao sol, devendo ser encaminhados imediatamente ao laboratório.

Na Tabela 11 são apresentados os valores-padrão encontrados nas polpas de maçãs, considerados adequados para que não ocorram problemas de distúrbios fisiológicos após a colheita e armazenagem.

Tabela 11. Interpretação da análise de polpa fresca de maçã.

Nutriente	Valor-padrão
K	900 g kg ⁻¹
Ca	38 g kg ⁻¹
Mg	50 g kg ⁻¹
N	400 g kg ⁻¹
P	110 g kg ⁻¹
N/Ca	<10
K/Ca	<30
K+Mg/Ca	<30

Fonte: Amarante, Steffens e Ermani (2010), Argenta & Suzuki (1994) e Dris, Kiskanen e Fallahi (1998).

6. Considerações finais

Diversas ferramentas estão disponíveis para o conhecimento, análise e monitoramento da necessidade de correção e melhorias da fertilidade do solo e da nutrição da macieira. Desde a implantação do pomar, o acompanhamento é importante para a obtenção de adequados resultados em termos de produção e qualidade dos frutos, seja para comercialização imediata, seja para armazenagem e comercialização em médio-longo prazo. O desafio atual de produtores e técnicos do setor é tomar decisões considerando as novas cultivares, porta-enxertos e manejo dos pomares (densidade de plantas, produtividade esperada, sistemas de condução, irrigação, cobertura do pomar). As indicações e sugestões apresentadas neste capítulo representam importantes subsídios aos técnicos e produtores de macieira, contudo a definição de tipos de fertilizantes e doses a aplicar devem ser orientados por especialista da área devidamente habilitado.

7. Referências bibliográficas

- AMARANTE, C. V. T.; ROSA, E. F. F.; ALBUQUERQUE, J. A.; KLAUBER FILHO, O.; STEFFENS, C. A. Atributos do solo e qualidade de frutos nos sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs no Sul do Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, 46(1): 99-109, 2015.
- ARGENTA, L. C.; SUZUKI, A. Relação entre teores minerais e frequência de “bitter pit” em maçãs cv. Gala no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 16: 267-277, 1994.
- BROWN, P. H.; BELLALOU, N.; WIMMER, M. A.; BASSIL, E. S.; RUIZ, J.; HU, H.; PFEFFER, H.; DANNEL, F.; RÖMHELD, V. Boron in plant biology. **Plant Biology**, 4: 205-223, 2002.
- DICKINSON, D. B. Influence of borate and pentaerythritol concentrations on germination and tube growth of *Lilium longiflorum* pollen. **Journal of American Society of Horticultural Science**, 103: 413-416, 1978.
- DRIS, R.; NISKANEN, R.; FALLAHI, E. Nitrogen and calcium nutrition and fruit quality of commercial apple cultivars grown in Finland. **Journal of Plant Nutrition**, 21: 2389-2402, 1998.

- ERNANI, P. R.; DIAS, J.; BORGES, M. A aplicação de nitrogênio ao solo em diferentes estádios não afetou o rendimento de frutos de cultivares de macieira. **Ciência Rural**, 30(2): 223-227, 2000.
- HAHN, L.; BASSO, C.; ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M. J. Sources and doses of fertilizers affect foliar and fruit mineral composition of 'Daiane' apples. **Acta Horticulturae**, 1217: 411-416, 2018.
- NACHTIGALL, G. R. Enfoque e resultados de pesquisa em nutrição de macieiras na Embrapa. *In: Seminário Internacional De Fruticultura*, Vacaria, 2012. Anais... Vacaria, Proterra Engenharia Agrônômica, 2012. 1:1-6.
- NACHTIGALL, G. R.; CARRARO, H. R.; ALLEONI, L. R. F. Potassium, Calcium, and Magnesium Distribution in an Oxisol under Long-Term Potassium-Fertilized Apple Orchard. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 38: 1439-1449, 2007.
- NACHTIGALL, G. R.; DECHEN, A. R. Testing and validation of DRIS for apple tree. **Scientia Agricola**, 64(3): 288-294, 2007.
- NACHTIGALL, G. R.; CZERMAINSKI, A. B. C. Efeito da aplicação de boro via foliar na qualidade e na colheita de frutos de macieira. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2014. 8p. (Embrapa Uva e Vinho). Comunicado Técnico, 164).
- NACHTIGALL, G. R.; NAVA, G. Adubação foliar: fatos e mitos. **Agropecuária Catarinense**, 23(2): 87-97, 2010.
- NAVA, G.; CIOTTA, M. N.; BRUNETTO, G. 'Fuji' apple tree response to phosphorus fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 39(1): 1-8, 2017.
- NAVA, G.; DECHEN, A. R. Long-term annual fertilization with nitrogen and potassium affect yield and mineral composition of Fuji apple. **Scientia Agricola**, 66: 377-385, 2009.
- OLIVEIRA, B. S.; AMBROSINI, V. G.; LOVATO, P. E.; COMIN, J. J.; CERETTA, C. A.; SANTOS JUNIOR, E.; SANTOS, M. A.; LAZZARI, C. J. R.; BRUNETTO, G. Produção e nitrogênio no solo e na solução em pomar de macieira submetido à aplicação de fontes de nutrientes. **Ciência Rural**, 44(12): 2164-2170, 2014.
- SÁ, A. A.; ERNANI, P. R.; NAVA, G.; AMARANTE, C. V. T.; PEREIRA, A. J. Influência de formas de aplicação de boro na qualidade e no rendimento de maçãs (*Malus domestica*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, 36(2): 487-494, 2014.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2004. 400p.
- CQFS-RS/SC – Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul. 2016. 376p.
- SCHVEITZER, B.; HAHN, L.; PETRI, J. L. Exportação de nutrientes pelos frutos de macieira 'Gala' e 'Fuji' em pomares com diferentes produtividades e regiões. **Revista Agropecuária Catarinense**, 32(3): 44-46, 2019.