

## Capítulo 4

# Análise química de amostras de terra

*Luiz Rodrigues Freire*

*David Vilas Boas de Campos*

*Lúcia Helena Cunha dos Anjos*

*Everaldo Zonta*

*Marcos Gervasio Pereira*

*Raphael Minotti Bloise<sup>†</sup>*

*Gisa Nara Castellini Moreira<sup>†</sup>*

*Paulo Augusto da Eira*

A análise química de amostras de terra é feita com o objetivo de obter informações que sirvam como base para a recomendação de calagem e adubação, e para o manejo adequado da fertilidade do solo. Quando se trata da avaliação da fertilidade do solo, a expressão “análise química do solo” é imprópria, pois o que se analisa não é toda a extensão do perfil do solo, e, sim, o material coletado nas suas camadas mais superficiais.

Entre as vantagens apresentadas por essa análise, citam-se: o baixo custo operacional, a disponibilidade de laboratórios, a rapidez e a possibilidade de prever doses de adubos e corretivos que devem ser aplicados antes e durante o manejo da cultura.

A avaliação da fertilidade do solo compreende as seguintes etapas: amostragem, análise química, interpretação dos resultados analíticos e recomendação de adubação e/ou corretivo, baseada nos resultados das análises, de acordo com as informações contidas nas planilhas referentes às necessidades nutricionais de cada cultura.

## **4.1 Amostragem**

A amostragem deve ser muito benfeita. Recomenda-se a consulta a técnicos de laboratórios ou a extensionistas, para efetuar uma boa amostragem. É necessário lembrar que a amostra de terra entregue ao laboratório deve representar, com o máximo de aproximação possível, a área onde a cultura foi ou será implantada.

Uma amostragem inadequada gera resultados falsos e acarreta uma série de prejuízos, como: perda de tempo e desperdício dos reagentes nos laboratórios; mau emprego do tempo dos técnicos de extensão e de pesquisa envolvidos com a análise; e, principalmente, prejuízo no investimento feito pelo produtor. Com efeito, por conta dos resultados falsos, pode-se aplicar mais ou menos adubo do que seria necessário para a cultura, o que, em última instância, pode acarretar redução do lucro do produtor, em virtude da baixa produtividade decorrente da adubação incorreta.

### **4.1.1 Separação de áreas**

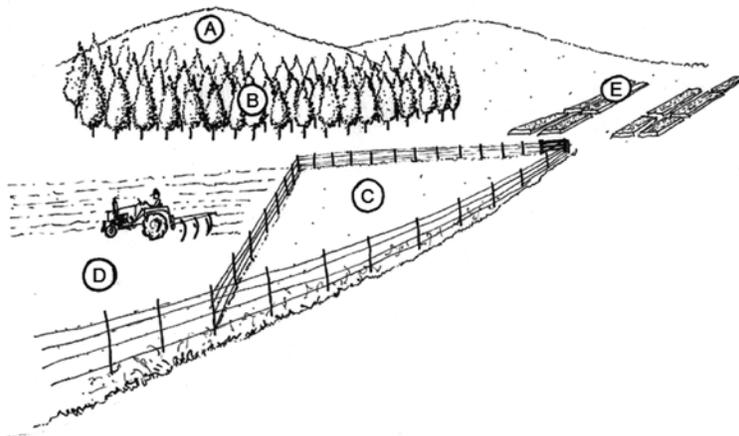
Todo solo apresenta grande variabilidade espacial e de atributos, de modo que amostras em número muito pequeno e/ou mal localizadas e distribuídas na área resultarão em sub ou superestimativa do nível de fertilidade.

Para garantia da representatividade das amostras, o terreno em estudo deve ser subdividido em glebas tanto mais homogêneas quanto possível. De cada uma dessas glebas, deve-se coletar uma amostra composta, constituída pela homogeneização das amostras simples. A amostra simples é a obtida em cada um dos pontos da amostragem.

Há diversos critérios que devem ser seguidos para essa subdivisão (formação de glebas homogêneas). Os principais aspectos a serem observados são os seguintes:

- Tipo de cobertura vegetal, compreendendo as formas naturais (vegetação espontânea) e implantadas (diversas culturas).
- Forma do relevo e drenagem do solo, delimitadas pelas mudanças na declividade.
- Diferenças nos atributos morfológicos do solo, principalmente cor e textura.
- Histórico de uso da área, especialmente no que concerne ao emprego de corretivos e adubos.
- Destinação agrícola da gleba.

Na Figura 1, é representada uma gleba hipotética, com três tipos de vegetação (pasto, eucalipto e culturas temporárias), de limites aproximadamente coincidentes com três formas de terreno: encosta de morro, pequeno vale de encosta e várzea. Nesse caso, ter-se-ia uma subdivisão inicial em três glebas, cada uma das quais seria novamente subdividida de acordo com as variações dos atributos do solo, com o histórico de uso e com a destinação que se pretenda dar ao terreno.



**Figura 1.** Exemplo de subdivisão de gleba, com vista à coleta de amostras para avaliação da fertilidade do solo, por meio da análise química: A) encosta de morro (pasto); B) terço inferior da encosta (plantio de eucalipto); C) várzea (pasto); D) várzea (área em preparo para a implantação de cultura anual); e E) várzea (olerícolas).

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro.

### 4.1.2 Profundidade de amostragem

Em cada local de coleta da amostra simples, retira-se o material de solo até uma determinada profundidade. A amostragem deve ser feita até a profundidade onde se verifica a maior concentração das raízes secundárias da cultura, por serem essas mais ativas na absorção de nutrientes. A seção é comumente denominada de “profundidade efetiva do sistema radicular”. Com essa orientação, pretende-se evitar que se fixe uma profundidade rígida para a amostragem, generalizada para distintas culturas, pois é importante que se pesquise o solo até a profundidade determinada pelo hábito radicular do vegetal. Em certos casos, a profundidade será definida pelo sistema de preparo do solo, até o limite de penetração do disco de arado, por exemplo.

É conveniente, em determinados casos, conhecer o estado de fertilidade da camada subjacente à superficialmente coletada. Isso acontece especialmente nas classes de solos que apresentam gradiente textural, como os Argissolos e os Planossolos, ou quando existe a suspeita de teores elevados de alumínio nas camadas mais profundas, ou, então, quando existem indicativos da presença de salinidade ou tiomorfismo (ver Capítulo 2) em profundidade. Na coleta de material subsuperficial, é necessário grande cuidado para não misturá-lo com o material de superfície, sendo que a amostra deve ser analisada separadamente.

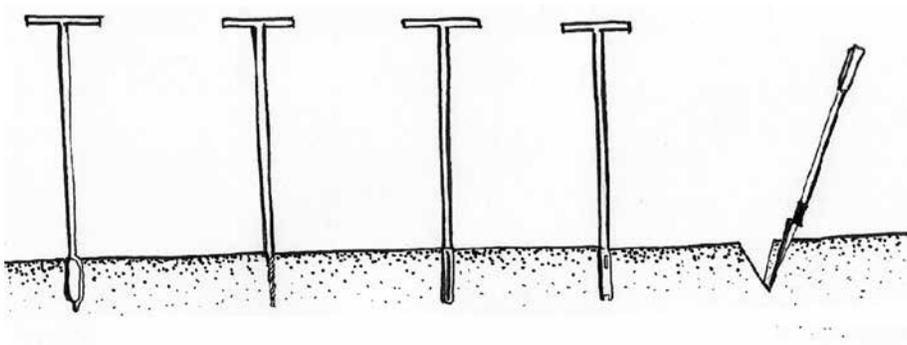
Apesar de ser frequente a recomendação de retirada de amostras simples até a profundidade de 20 cm, ela nem sempre deve ser adotada, especialmente no caso de implantação de culturas perenes ou semiperenes. Para cana-de-açúcar, por exemplo, especialistas sugerem, após o estabelecimento de áreas homogêneas, a coleta de amostras simples até a profundidade de 30 cm. E, no caso de algumas olerícolas, pode-se adotar uma profundidade de amostragem superficial menor que 20 cm. Logo, é sempre recomendável a obtenção de uma amostra composta superficial e uma amostra composta subsuperficial, sendo a primeira de acordo com a profundidade efetiva do sistema radicular, podendo a segunda variar conforme as características do solo.

No caso de área ainda não trabalhada, antes da coleta deve-se ter o cuidado de se preparar a superfície do solo nos locais escolhidos, para que seja feita a coleta de amostras simples, removendo pedras,

vegetação espontânea, folhas e outros materiais, com a devida cautela, para que não seja feita a remoção de parte do solo.

Quando a amostragem é praticada em áreas de culturas perenes, já implantadas e nunca adubadas, as amostras simples devem ser retiradas nos locais em que serão feitas as aplicações de adubo, de acordo com a área de projeção da copa (ver Figura 1 do Capítulo 6). Em áreas de culturas perenes implantadas e que têm recebido aplicação de adubos na superfície, devem ser retiradas duas amostras simples em cada local, sendo a primeira superficial, de 0 a 5 cm, e a segunda subsuperficial, de 5 cm até à profundidade efetiva das raízes, sempre coletadas de acordo com o descrito anteriormente. Em alguns casos, ainda se pode gerar três amostras compostas por área homogênea, a saber: 0 a 5 cm, 5 cm até a profundidade efetiva do sistema radicular e a subsuperficial, a partir do limite superior da segunda profundidade.

Para uma mesma amostra composta, todas as amostras simples devem ser coletadas a uma mesma profundidade e devem contribuir com o mesmo volume de material de solo. Preferencialmente, as amostras devem ser coletadas com o uso de trados (Figura 2), mas há casos em que, estando o terreno muito seco, é preciso abrir pequenas covas com o uso de enxadão ou de outra ferramenta disponível para coleta.

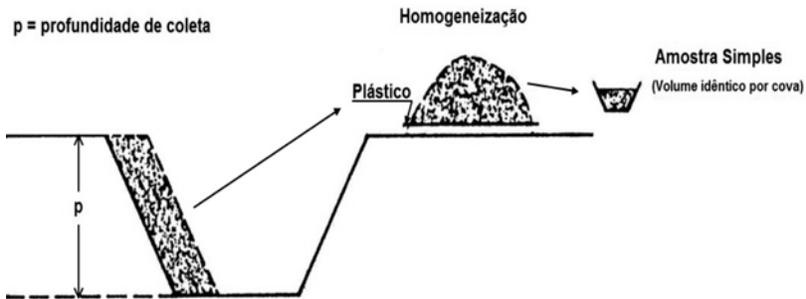


**Figura 2.** Ferramentas para a coleta de amostras de terra.

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro

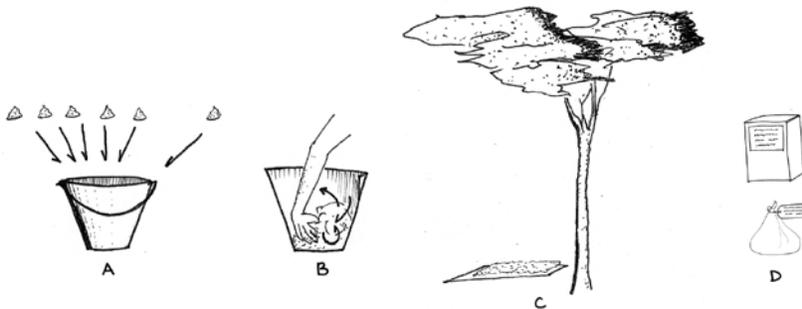
Para padronizar o volume de terra de cada amostra simples a ser utilizado para formar a amostra composta, é conveniente o uso de uma

medida única, que pode ser uma lata pequena ou um copo. A quantidade de material de solo é retirada após a homogeneização de uma fatia de terra até a profundidade desejada. Nesse procedimento, é necessário que a fatia apresente a mesma espessura em toda a sua extensão, de forma a existir idêntica contribuição das camadas que a compõem. A Figura 3 mostra, esquematicamente, o sistema recomendado para terrenos muito secos, onde a coleta deve ser feita com o auxílio de enxada e/ou pá reta. A Figura 4 ilustra a confecção de amostras compostas a partir de amostras coletadas com trado, e o envio ao laboratório para análise de terra.



**Figura 3.** Esquema para a obtenção de amostras simples, em terrenos muito secos.

Fonte: adaptado de De Polli et al. (1988).



**Figura 4.** Esquema para a obtenção de amostras compostas e posterior envio para análise: A) coleta de  $n$  amostras simples; B) mistura das amostras simples e homogeneização; C) secagem ao ar e à sombra; e D) identificação das amostras para envio ao laboratório.

Ilustrador: Fabiano de Carvalho Balieiro

### 4.1.3 Obtenção da amostra composta

O material das amostras simples referentes a cada amostra composta é reunido e misturado em um recipiente; por exemplo, um balde ou uma lata de 10 L ou 20 L, previamente limpo, em local em que não haja perigo de contaminação com material estranho. É sempre importante lembrar que não é rara a contaminação por cinza de cigarros, o que altera drasticamente os resultados da análise. Nesse recipiente, as amostras simples devem ser muito bem homogeneizadas. Em seguida, deve-se retirar uma amostra composta de cerca de 200 g a 300 g de terra, que deve ser acondicionada em um saco de plástico limpo, devidamente identificado. Mas, para análises complementares, inclusive a de atributos físicos, essa quantidade deve ser duplicada.

Uma amostra composta resulta da reunião e mistura do material de solo coletado em diversos pontos do terreno. Cada amostra composta deve representar uma área de até 10 ha. A rigor, quando ultrapassado esse limite, a gleba, presumidamente homogênea, deve ser novamente subdividida.

Idealmente, para constituir uma amostra composta, devem ser coletadas de 10 a 20 amostras por hectare, sendo o menor número para áreas homogêneas com menor variabilidade. A retirada de um número maior que 20 amostras simples por hectare provavelmente não aumenta, de maneira significativa, a qualidade da amostragem, no que concerne à sua representatividade. E, mesmo que a área seja considerada muito homogênea, não se deve retirar menos que 10 amostras simples por hectare para constituir a amostra composta.

Quando a gleba homogênea possui área igual ou menor que 2 ha, devem ser coletadas de 20 a 40 amostras simples para formar a amostra composta que será encaminhada para análise. Amostras compostas constituídas por menos de 20 amostras simples não são representativas do terreno, mesmo que esse tenha dimensões diminutas.

Os locais de onde serão coletadas as amostras simples devem ser determinados ao acaso, por caminhamento pela gleba, em intervalos predeterminados, que cubram toda a área, em geral de 20 a 30 passos. Devem ser evitados os locais em que o solo natural está visivelmente alterado pela atividade de formigas e termitas, ou por outra razão qualquer (como despejo de cal, de adubos, de cinzas, de esterco, entre

outros). Também devem ser evitadas as áreas próximas a currais, construções, estradas, drenos e canais de irrigação, bem como as áreas muito encharcadas. Se o solo estiver molhado, convém deixá-lo secar ao ar; as amostras simples, à sombra, para só depois misturá-las e retirar a amostra composta, que deve ser colocada na embalagem para remessa ao laboratório.

Se a amostragem for feita ainda com os restos da cultura anterior no campo, deve-se evitar a retirada de amostras simples nos sulcos de plantio. Se a cultura anterior tiver recebido adubo nos sulcos, a coleta de amostras simples apenas nos sulcos induzirá resultados que indicariam fertilidade maior do que a real, em virtude do efeito residual da adubação, principalmente para fósforo. Por sua vez, se a cultura anterior for esgotante, por exemplo, milho não adubado, a amostragem apenas nos sulcos de plantio levará a resultados mais baixos do que os do solo entre os sulcos, uma vez que houve retirada de nutrientes pela cultura conduzida anteriormente. Nesse caso, é preferível efetuar a amostragem nas entrelinhas da cultura anterior, pois convém lembrar que, após uma aração ou outra operação qualquer, caso não tenha sido feita uma marcação precisa, dificilmente os sulcos vão poder ser feitos exatamente em cima dos sulcos em que foi plantada a cultura anterior.

Em áreas em que a cultura ainda não foi estabelecida, seja ela de ciclo longo, seja curto, a amostragem deve ser feita pelo menos 90 dias antes do preparo do solo, visto que pode haver necessidade de aplicação de corretivos, que demandam um determinado tempo para a neutralização da acidez (Capítulo 5).

Para glebas homogêneas com mais de 100 ha, como ocorre nos tabuleiros costeiros do Estado do Rio de Janeiro, é economicamente pouco viável manter o critério numérico de 10 a 20 amostras simples por hectare e de uma amostra composta para, no máximo, 10 ha. Nessas áreas, essa intensidade de amostragem não traz resultados práticos para a recomendação de corretivos e/ou fertilizantes. Recorre-se, então, à estratégia de coletar amostras compostas em setores distribuídos pela área, em distâncias predeterminadas. Em cada setor, faz-se a coleta de 20 a 40 amostras simples, com o intervalo de uns 30 passos ao longo de um caminhar em espiral, para constituírem a amostra composta. Novamente, o menor número se aplica a áreas presumivelmente mais homogêneas.

Ao acondicionar cada amostra em saco de plástico limpo, o proprietário deve identificar perfeitamente cada uma delas por um número, que corresponde, em suas anotações, à localização na gleba de sua propriedade. É recomendável a identificação externa e a interna da amostra. Externamente, pode ser feita diretamente na embalagem, com o uso de caneta ou marcador. Internamente, recomenda-se o uso de um cartão, devendo as informações serem escritas a lápis.

Além da completa identificação da amostra, no momento de entrega no laboratório, devem ser fornecidas as seguintes informações: número da amostra; profundidade de amostragem; nome e contatos do interessado; nome da propriedade; município e estado; cultura a ser implantada; cultura anterior e sua produtividade; histórico de adubação e/ou calagem anterior; e sistema de produção (plantio direto, convencional ou orgânico). Tal procedimento é imprescindível para que a indicação de adubação e/ou calagem possa ser emitida pelos profissionais habilitados.

## **4.2 Análises laboratoriais**

No laboratório, as amostras de terra são protocoladas, registradas com um número de identificação e preparadas para as determinações analíticas. Após o preparo da amostra, pode ser feita a avaliação da textura pelo método expedito, além das seguintes análises: pH, carbono orgânico, quantificação dos teores de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, potássio, sódio e acidez potencial (H+Al). É comum, em alguns laboratórios, a não determinação dos teores de carbono orgânico, de sódio e da acidez potencial. Porém, recomenda-se expressamente a realização dessas análises, uma vez que elas acrescentam informações importantes sobre o manejo da fertilidade do solo, bem como sobre riscos de degradação.

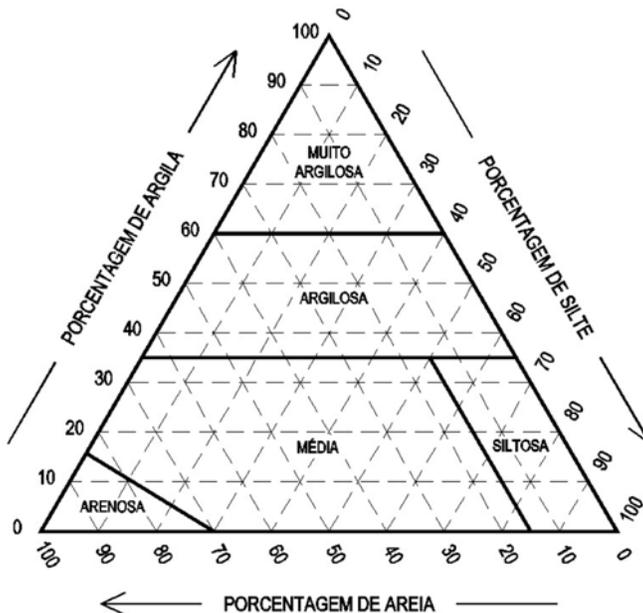
### **4.2.1 Preparo da amostra**

Consiste na secagem da terra, à sombra ou em estufa com circulação forçada, à temperatura de 40 °C. Em seguida, é feito o destorroamento, que consiste na destruição dos agregados; o material é, então, peneirado, utilizando-se peneira com malha de 2 mm. A amostra,

assim preparada, constitui a chamada “terra fina secada ao ar” (TFSA), que é usada para as determinações analíticas.

## 4.2.2 Textura (avaliação expedita)

A textura pode ser determinada no campo, por meio do método expedito. Por esse método, os teores das frações granulométricas (areia, silte e argila) são estimados, tendo como base as sensações táteis que cada uma das frações confere quando submetida a manuseio (areia – aspereza; silte – sedosidade; entre outras) e a plasticidade (capacidade de moldar) e pegajosidade (capacidade de aderir) oferecida pelas amostras indicam o teor de argila. Para garantir uma correta avaliação, é necessário recorrer a um técnico bem treinado e ao emprego, quando possível, de padrões – amostras com composição granulométrica definida previamente, por meio da análise granulométrica. A textura é identificada por agrupamentos de classes texturais, conforme ilustrado na Figura 5 abaixo.



**Figura 5.** Triângulo generalizado para grupamento de classes texturais.

Fonte: adaptado de Embrapa (2006).

### 4.2.3 pH

A determinação do pH é feita em suspensão terra-água, na proporção de 1:2,5. Após o preparo da suspensão, deve ser feita a agitação, seguida de repouso, por período de, no mínimo, 1 hora. No momento da leitura em potenciômetro, faz-se nova agitação.

### 4.2.4 Carbono orgânico

O carbono orgânico é determinado pelo método volumétrico do dicromato de potássio ( $K_2Cr_2O_7$ , 0,2 mol L<sup>-1</sup>). O carbono da matéria orgânica da amostra é oxidado a  $CO_2$ , e o cromo (Cr) da solução extratora é reduzido (de  $Cr^{+6}$  a  $Cr^{+3}$ ). O excesso de dicromato é titulado com sulfato ferroso amoniacal. Os resultados são expressos em g kg<sup>-1</sup>.

Para o cálculo do teor de matéria orgânica do solo, multiplica-se o valor de C % por 1,724 (presumindo-se que a matéria orgânica do solo contenha 58% de carbono).

Para solos com teores elevados de carbono, como os Organosolos (Capítulo 2), outros métodos devem ser utilizados.

### 4.2.5 Extração e determinação de elementos

Extrator é o nome que se dá à substância teoricamente capaz de extrair da amostra de terra apenas a fração do elemento que a raiz poderia absorver. Frequentemente, essa fração é denominada de assimilável, embora tal designação não seja correta, pois o processo de assimilação dá-se no interior da célula e é uma etapa posterior à absorção radicular. Assim, entende-se por P-assimilável a fração do fósforo que pode ser absorvida, e por K-assimilável a fração do potássio que pode ser absorvida, e assim por diante.

Não existe um extrator ideal, isto é, que seja capaz de simular o comportamento da planta. Mesmo que isso fosse possível, seria necessário empregar um extrator não só para cada elemento, como também para cada planta, pois a capacidade extratora varia conforme a espécie, a cultivar/variedade e o estágio vegetativo.

A extração é uma etapa extremamente crítica. Se a amostragem tiver sido realizada corretamente, a eficiência da interpretação passará

a depender diretamente da natureza do extrator empregado. A finalidade do extrator, como se mencionou, é retirar da amostra tão somente a fração trocável do elemento. Contudo, não há extrator cuja eficiência seja igual a 100%. Existem extratores que retiram menos do que a planta (eficiência menor que 100%) e os que retiram mais do que a planta (eficiência maior que 100%). Se seguido à risca o resultado da análise, no primeiro caso, se adubaria em excesso, e, no segundo caso, menos do que a necessidade do vegetal. Por essa razão, é fundamental o estabelecimento de curvas de calibração para uma adequada interpretação dos resultados das análises.

Os métodos de análise de amostras de terra para fins de fertilidade adotados nos laboratórios do Estado do Rio de Janeiro são detalhados no *Manual de Métodos de Análises de Solos* (EMBRAPA, 1997). De acordo com esses métodos, os extratores utilizados são: para Ca, Mg e Al, solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; e, para K, P e Na, a solução de Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 mol L<sup>-1</sup> + HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup>). Se forem determinados os teores de H+Al, utiliza-se a solução de acetato de cálcio (0,5 mol L<sup>-1</sup>, ajustada a pH 7,1).

Para amostras provenientes de área com agricultura orgânica, ou de áreas onde foram aplicados recentemente fosfatos de baixa solubilidade, é recomendado o uso do extrator bicarbonato de cálcio (método de Olsen).

Para a cana-de-açúcar, o extrator para K e P utilizado é o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5 mol L<sup>-1</sup>, pois as pesquisas desenvolvidas com essa cultura indicaram o estabelecimento de correlações mais estreitas do que as obtidas com o extrator Mehlich-1.

Após as determinações analíticas, os resultados são expressos da seguinte forma: Ca, Mg, Al, Na e H+Al, em centímol de carga por decímetro cúbico (cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) de TFSA; e P e K, em miligrama por decímetro cúbico (mg dm<sup>-3</sup>).

Para solos com teores elevados de carbono, como os Organosolos (Capítulo 2), outros métodos devem ser utilizados para a avaliação dos teores de alumínio e de acidez potencial. Os resultados obtidos pelos métodos comumente utilizados para solos minerais superestimam esses valores e, em consequência, a necessidade de calagem.

## 4.2.6 Outras determinações

Além das determinações mencionadas, podem também ser quantificados os teores trocáveis de micronutrientes. No caso de solos salinos (Capítulo 2) ou com riscos de salinização, além do sódio e do pH, deve ser solicitada a análise da condutividade elétrica (C. E.) do extrato de saturação.

Entre os micronutrientes, os mais comumente determinados são cobre, ferro, manganês e zinco trocáveis. A quantificação é feita por espectrofotômetro de absorção atômica, após a extração com solução Mehlich-1.

## 4.2.7 Parâmetros derivados

De posse dos resultados da análise química de terra, podem ser calculados o valor S, o valor T, o valor V e a saturação por alumínio e por sódio. Esses índices são importantes para os estudos e o manejo da fertilidade do solo.

O valor S é a soma de bases trocáveis, expressa em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de TFSA:

$$S = \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^+ + \text{Na}^+$$

A CTC (capacidade de troca de cátions) ou valor T é obtida pela soma das bases trocáveis mais a acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$ ), e é expressa em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de TFSA:

$$\text{Valor T} = \text{Valor S} + \text{Valor H (H + Al)}$$

Para o cálculo da saturação por bases (valor V), expressa em porcentagem (%), usar:

$$V = 100 \times \text{Valor S} / \text{Valor T}$$

A saturação por alumínio é calculada conforme a seguinte expressão:

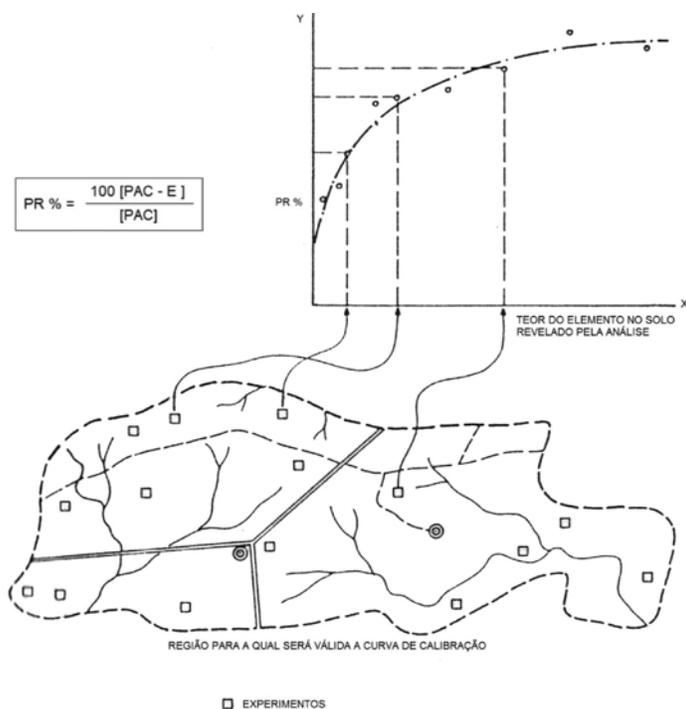
$$\text{Al sat} = 100 \text{ Al}^{+++} / \text{S} + \text{Al}^{+++}, \text{ e o resultado é expresso em \%}.$$

A saturação por sódio é calculada pela expressão:

Na sat =  $100 \text{ Na}/T$ , e o resultado é expresso em %.

### 4.3 Interpretação dos resultados

A interpretação dos resultados das análises é feita após o estabelecimento de níveis para os elementos, o que se faz a partir de estudos de correlação entre os teores do elemento revelados pela análise e a resposta da planta à adição de quantidades suplementares do elemento ao solo. Essa correlação faz-se mediante o preparo de curvas de calibração – cada uma válida para um dado elemento e preparada com os resultados das pesquisas de laboratório e campo. A Figura 6 fornece informações de como é construída uma curva de calibração.



**Figura 6.** Preparo de curva de calibração.

Fonte: Almeida et al. (1988).

Na região para a qual essa curva é válida, instalam-se experimentos com uma ou mais culturas. Nesses experimentos, o solo é previamente analisado, empregando-se, nessa análise, o mesmo extrator da análise química de rotina. Cada cultura é plantada em dois tipos de talhão (parcelas experimentais): um recebe adubação completa, e o outro, adubação idêntica, porém, sem o elemento para o qual será construída a curva de calibração. Na colheita, estabelece-se a produção relativa (PR %), que é a relação percentual entre a produção dos talhões que não receberam o elemento (PAC-E) e a produção dos talhões que o receberam (PAC), ou seja:

$$PR \% = 100 (PAC - E)/PAC.$$

A produção dos talhões que receberam adubação completa (PAC) é considerada como 100%.

Na curva de calibração, o teor do elemento no solo é plotado no eixo das abcissas (X), e a produção relativa, no das ordenadas (Y). Assim, o resultado de cada área de experimentação corresponde a um ponto da curva.

Mediante análise estatística, determina-se a curva que melhor se ajusta a esses pontos. Se o extrator é adequado, isto é, se os teores retirados pelo extrator e os valores determinados na análise refletem o status do nutriente no solo, a curva resultante tende a corresponder a uma hipérbole quadrática bastante semelhante à da cinética de absorção.

A partir da curva de calibração, são estabelecidos os teores do elemento que limitam as classes de fertilidade. Convencionalmente, os teores que correspondem a produções relativas de 70%, 90% e 98%, respectivamente, definem os limites superiores das classes de fertilidade “muito baixa”, “baixa”, e “média”. O valor que corresponde ao limite superior da classe média, multiplicado por 2, dará o extremo superior da classe “alta”. Acima desse teor, os valores obtidos nas análises compreenderão a classe de fertilidade “muito alta”.

Para a obtenção de curva de calibração com o detalhamento de interpretação em cinco níveis ou classes de fertilidade, é necessária a instalação de um grande número de experimentos. Quando isso não é possível, adotam-se curvas com número reduzido de pontos experimentais, o que diminui a precisão do método. Nesses casos, geralmente,

é também menor a subdivisão dos resultados em classes, chegando-se ao limite de serem estabelecidas somente duas categorias, separadas pelo “nível crítico” do nutriente. “Nível crítico” é o teor do elemento revelado pela análise, abaixo do qual é alta a probabilidade de resposta da planta à aplicação do nutriente em questão. Acima do nível crítico, diminui o tamanho da resposta da cultura à adubação, podendo ser até nula, caso o nutriente esteja presente em teores efetivamente elevados.

A expectativa é de que níveis críticos sejam diferentes para solos, para culturas e mesmo para cultivares ou variedades. Assim, à medida que novas informações forem sendo obtidas, a curva de calibração vai ficando mais detalhada, principalmente na porção em que há probabilidade de respostas positivas à adubação, para a subdivisão em maior número de classes.

Desde a década de 1970, no Estado do Rio de Janeiro, são realizadas reuniões entre os profissionais de instituições de ensino e os da pesquisa, visando ao aperfeiçoamento das interpretações vigentes. Essas reuniões resultaram no estabelecimento dos níveis, que são apresentados na Tabela 1.

Particularmente para a cultura da cana-de-açúcar, adotam-se, no Estado do Rio de Janeiro, valores distintos para P e K, conforme se lê na Tabela 2.

As interpretações para outros parâmetros adotadas pelos laboratórios do Rio de Janeiro estão apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 1.** Interpretação dos resultados de análises de rotina de fósforo e potássio, no Estado do Rio de Janeiro, com extrator Mehlich-1.

Nível	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )
Baixo	Até 10	Até 45
Médio	11–20	46–90
Alto	21–30	91–135
Muito alto	> 30	> 135

**Tabela 2.** Interpretação dos resultados de análise de fósforo e potássio com extrator  $H_2SO_4$  0,5 mol L<sup>-1</sup>.

Classe de fertilidade	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K (mg dm <sup>-3</sup> )
Muito baixa	0 – 14	0 – 40
Baixa	15 – 28	41 – 80
Média	29 – 42	81 – 120
Alta	43 – 56	121 – 160
Muito alta	> 56	> 160

**Tabela 3.** Interpretação dos resultados de análise de alumínio, soma de cálcio e magnésio, teor de carbono orgânico e pH.

Parâmetro	Unidade	Resultado	Interpretação
Alumínio	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0 – 0,3	Baixo
		> 0,3	Alto
Ca + Mg	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0 – 2,0	Baixo
		2,1 – 6,0	Médio
		6,1 – 10,0	Alto
		> 10,0	Muito alto
Carbono orgânico	g kg <sup>-1</sup>	Até 10	Baixo
		11 – 20	Médio
		> 20	Alto
pH	pH	< 4,4	Extremamente ácido
		4,4 – 5,3	Fortemente ácido
		5,4 – 6,5	Moderadamente ácido
		6,6 – 7,3	Neutro
		7,4 – 8,3	Moderadamente alcalino
		> 8,3	Fortemente alcalino

Nas planilhas deste manual, que trazem as recomendações de calagem e adubação para várias culturas, foram consideradas informações sobre respostas das culturas à adubação, obtidas nas condições do Estado do Rio de Janeiro. Para algumas culturas, foram também consideradas indicações de outros estados, quando essas podiam ser adaptadas às condições de solo e clima do Rio de Janeiro.

As planilhas do Capítulo 14 deste manual apresentam os níveis dos elementos nas amostras de terra e as doses recomendadas para várias culturas e classes.

Para a recomendação da adubação mineral fosfatada, bem como da potássica, foram feitos alguns ajustes dos níveis críticos gerais adotados às condições específicas de exigência das culturas. No Capítulo 13, são discutidos os critérios adotados para as recomendações que constam das planilhas das culturas. Na maioria dos laboratórios de análise de terra em atividade no Brasil, o nitrogênio não é determinado rotineiramente, porque até agora não foram obtidas as correlações entre os resultados das análises e as respostas às aplicações desse elemento, imprescindíveis para uma interpretação eficiente.

O nitrogênio, que é requerido em maiores quantidades pela maioria das culturas, apresenta padrão diferente dos elementos P, K, Ca e Mg, e é extremamente móvel no solo. Além disso, é grande a variação do seu teor no solo, em decorrência dos processos de mineralização da matéria orgânica e da variação das suas formas e da imobilização do N, processos esses que atuam simultaneamente.

Por essas razões, nas recomendações apresentadas neste manual, atenção especial é dada ao suprimento de nitrogênio para cada cultura, com ênfase na aplicação de adubos orgânicos, com ou sem complementação de adubo mineral nitrogenado, dependendo da exigência da cultura e da situação em que é explorada.

É de extrema importância que os agricultores sempre recebam resultados confiáveis dos laboratórios de fertilidade que analisam suas amostras de terra. Hoje em dia, existem programas de controle de qualidade para laboratórios de fertilidade. Nesses programas, os laboratórios são avaliados e comparados uns com os outros, e, decorrido 1 ano da avaliação, os que têm melhor desempenho são habilitados ao uso de um selo de qualidade. Atualmente, existem cinco programas de controle de qualidade de análise de terra no Brasil. O de maior abran-

gência é o Programa de Análise de Qualidade de Laboratórios de Fertilidade (PAQLF), coordenado pela Embrapa Solos, do qual participam mais de 100 laboratórios de 25 estados, incluindo o Estado do Rio de Janeiro, os quais utilizam o Método Embrapa de Análise de Terra. Os laboratórios de análise de fertilidade do solo no Estado do Rio de Janeiro que participam do PAQLF são:

- Embrapa Solos  
Rua Jardim Botânico, 1.024, CEP 22460-000, Rio de Janeiro, RJ  
Obs.: disponível apenas para projetos de pesquisa e desenvolvimento próprios.
- Centro de Análises/Campus Dr. Leonel Miranda, UFRRJ  
Rodovia do Açúcar, s/nº, Km 05, Penha, CEP 28020-560,  
Campos dos Goytacazes, RJ.
- Fundenor  
Av. Presidente Vargas, 180, CEP 28050-010, Campos dos Goytacazes, RJ.
- Embrapa Agrobiologia  
Rodovia BR 465, Km 7, CEP 23890 -000, Seropédica, RJ.