

5. CALAGEM E ADUBAÇÃO

Antonio Eduardo Pípolo¹

5.1. Introdução

A produtividade agrícola depende de uma série de fatores, onde o mau desempenho de um compromete todos os demais. Dentre eles destaca-se a fertilidade do solo que é uma das principais causas da baixa produtividade agrícola brasileira. Dentre as características dos solos que são responsáveis pela fertilidade, a alta saturação em alumínio e a deficiência de nutrientes são os principais fatores limitantes e determinantes da produtividade em Mato Grosso do Sul. Esses fatores são facilmente contornáveis, pelo menos tecnicamente, através da calagem e da adubação, que são os meios mais rápidos e baratos para se aumentar a produtividade.

No caso do milho, esses fatores manifestam-se de forma decisiva, pois a cultura caracteriza-se como uma das mais sensíveis aos efeitos prejudiciais da acidez, assim como as cultivares disponíveis proporcionam altas respostas à adubação utilizada.

5.2. Correção da acidez do solo

5.2.1. Acidez do solo

Os solos tropicais são normalmente ácidos, seja pela ocorrência de precipitação, suficientemente alta para lixiviar quantidades apreciáveis de bases permutáveis do solo, ou pela ausência de minerais responsa

¹ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA-UEPAE de Dourados, Caixa Postal 661, 79800 - Dourados, MS.

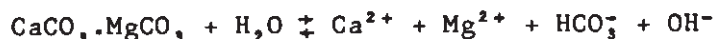
veis pela reposição dessas bases.

Além da ocorrência natural da acidez do solo, o próprio cultivo tende a acentuar o problema, principalmente devido à absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons hidrogênio. Também a atividade biológica produzindo ácidos e práticas agrícolas, como por exemplo a aplicação de fertilizantes nitrogenados (uréia e amoniacais: sulfato e nitrato de amônio), resultam na acidificação devido a formação de H^+ .

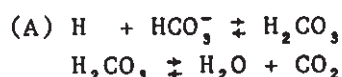
Conclui-se que a acidificação do solo é um processo inevitável, exigindo-se, portanto, correções periódicas pela aplicação de materiais corretivos como o calcário.

5.2.2. Mecanismos de neutralização da acidez

O calcário em contato com a água do solo irá dissolver-se, provavelmente como a reação:



Os produtos da reação anterior irão neutralizar a acidez do solo, conforme as reações:



O Ca^{2+} e o Mg^{2+} simultaneamente, à medida que se processam as reações, irão ocupar os postos de troca que estavam com H^+ e Al^{3+} .

5.2.3. Reação do solo e o milho

Em condições de solo ácido, o desenvolvimento do milho é afetado não só pelas condições de reação (pH) do solo, que influi na disponibilidade da maioria dos nutrientes, como também pela elevada concentração de íons de Al^{3+} que, absorvidos, saturam as células livres do córtex e inibem o crescimento radicular (Muzilli & Oliveira 1982).

As raízes danificadas pelo alumínio apresentam coloração parda, engrossamento e atrofiamento, com raízes secundárias intumescidas, resultando na inibição do desenvolvimento em suas extremidades, com conseqüente prejuízo no desempenho de suas funções, principalmente com relação ao suprimento de água para a planta. Na parte aérea, a toxidez de alumínio parece não provocar sintomas suficientemente específicos, contudo, tais sintomas geralmente confundem-se com aqueles semelhantes à deficiência de fósforo. Existem indicações de que o fósforo absorvido é retido ou precipitado pelo alumínio nas raízes, sem haver translocação para a parte aérea. Esses efeitos ocorrem nos primeiros estádios de desenvolvimento, após os quais, se os danos não forem muito pronunciados, as plantas poderão se recuperar (Muzilli & Oliveira 1982).

A cultura do milho caracteriza-se como das mais sensíveis aos efeitos prejudiciais da acidez, que afeta o seu desenvolvimento no decorrer da fase vegetativa (Tabela 1).

Existe, entretanto, variação no comportamento de cultivares de milho no que se refere à tolerância à acidez do solo, que poderá influir com maior ou menor intensidade em sua resposta à calagem, em termos de produção de grãos (Fig. 1).

Cerca de 56 % dos resultados de 19.000 amostras de solos analisadas pelo Laboratório de solos da UEPAE de Dourados, no estado de Mato Grosso do Sul, apresentam valores de pH em água na faixa de 4,5 a 5,5. Para obtenção de produções relativas altas, o pH em água deve estar entre 5,7 e 6,8 (Tabela 2). Portanto, nossos solos necessitam de correção de sua acidez.

5.2.4. Necessidade de calagem

A análise do solo é a melhor maneira de se avaliar a real necessidade de calcário. A amostra a ser analisada deve representar o mais fielmente possível a área a ser trabalhada, devendo sua coleta obedecer a certos critérios como: topografia, cor e textura do solo, condições de uso, drenagem e histórico (calagem, adubações, culturas anteriores e rendimentos obtidos).

Os principais métodos de laboratório para determinar a necessidade de calagem são:

- a) método do alumínio trocável: é atualmente utilizado em Mato Grosso do Sul e preconiza que a quantidade de calcário a ser aplicada deve ser suficiente para neutralizar o alumínio trocável (Al^{3+}), além de fornecer Ca^{2+} e Mg^{2+} ao solo (Kamprath 1978). Assim a necessidade de calcário (NC) é calculada através da fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2$$

Quando o teor de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ for inferior a 2,0 meq/100 cm^3 , a quantidade de calcário será calculada pela fórmula:

$$NC \text{ (t/ha)} = Al^{3+} \times 2 + 2 - (Ca^{2+} + Mg^{2+});$$

- b) método SMP: mede-se o pH de uma suspensão do solo em uma solução tampão (pH SMP) e através de uma tabela determina-se a quantidade de calcário necessária para elevar o pH do solo a 6,0 ou 6,5 (Schoemaker et al. 1961);
- c) método da elevação da saturação em bases: permite ajustar a necessidade de calagem às características da cultura. No caso do milho, aplica-se calcário quando a saturação em bases for inferior a 60 % em quantidade suficiente para atingir 70 %. A necessidade de calcário é calculada através da fórmula (Raij et al. 1985):

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

onde:

V_1 = saturação de bases atual do solo

V_2 = saturação em bases que se deseja atingir

T = capacidade de troca de cátions (CTC) do solo.

O poder de neutralização do calcário é dado em função do seu teor em óxidos de cálcio e magnésio e de sua granulometria, que influenciam o poder relativo de neutralização total (PRNT). Quando o PRNT for inferior a 100 %, deve-se fazer a correção, utilizando-se a fórmula:

$$\text{Calcário (t/ha)} = \frac{\text{t/ha recomendada}}{\text{PRNT}} \times 100$$

Na tomada de decisão, sobre os aspectos técnicos e econômicos em relação a escolha do calcário a ser utilizado, deve-se levar em conta:

- a) análise química do corretivo;
- b) PRNT; e
- c) preço por tonelada efetiva (na propriedade), calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{Preço efetivo do calcário} = \frac{\text{preço na propriedade} \times 100}{\text{PRNT}}$$

Recomenda-se a aplicação de calcário, pelo menos dois meses antes da semeadura, devendo a incorporação ser feita com aração. Quando a quantidade a ser aplicada for maior que 5,0 t/ha recomenda-se aplicar metade do calcário, arar, aplicar o restante da dose e incorporar com gradagem, para que o material seja bem distribuído em superfície e em profundidade (ver item 5.2.5). Não deve ser aplicado mais que 8,0 t/ha de calcário de uma única vez. Segundo o método do alumínio trocável, recomenda-se proceder a análise do solo a cada dois anos, para avaliação de novas necessidades de correção de acidez.

A calagem deve suprir também a necessidade de magnésio da cultura. A relação cálcio-magnésio ideal para o milho está entre 3:1 a 5:1.

5.2.5. Calagem e manejo do solo

A principal fonte de água para as plantas é a precipitação pluvial, sendo aproveitada após sua infiltração. A capacidade de armazenamento de água dos solos é dependente da textura, matéria orgânica e da mineralogia de sua fração argila e, portanto, praticamente constante (Favarin 1990). É importante o conhecimento da capacidade de armazenamento, especificamente da água disponível do solo, pois essa é a porção fisiologicamente ativa, possível de ser absorvida pelas plantas.

No estado de Mato Grosso do Sul, aproximadamente 34 % de sua área é ocupada por latossolos, onde se concentra a maior parte da produção agrícola. Esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de água, frequentemente inferior a 1,0 mm/cm de solo. A medida que a água do solo fisiologicamente ativa diminui, a fotossíntese apresenta taxas inferiores, comprometendo o processo produtivo. Esse inconveniente é agravado pela intensa radiação solar, concorrendo para altas taxas de evapotranspiração aliado a irregularidade na distribuição das chuvas, mesmo durante a estação chuvosa (veranicos).

Uma das maneiras de aumentar a quantidade de água disponível às culturas é garantir maior exploração do solo em profundidade através do manejo (Fig. 2). A razão para buscar esse objetivo está na baixa fertilidade e na quantidade de água disponível.

Na Tabela 3 é apresentada a profundidade do solo necessária para suprir a demanda de 6 mm de evapotranspiração, a partir da capacidade de campo, associada a ocorrência de veranicos e à frequência de ocorrência dos mesmos. Os dados de Yamada, citado por Favarin (1990), mostram que o atendimento da necessidade de 6 mm/dia de água para evapotranspiração pode ser conseguida com a exploração de 65 cm de solo, a partir da umidade na capacidade de campo e quando ocorrer um veranico de treze dias.

Entretanto, nas condições da agricultura brasileira, tem-se constatado que o sistema radicular da cultura do milho está explorando efetivamente apenas 20 cm de solo em profundidade.

Os impedimentos ao desenvolvimento do sistema radicular, devido às características físicas do solo determinadas pelo manejo, são abordados no capítulo 2.

É comum a presença de Al^{3+} em níveis tóxicos, influenciando negativamente o desenvolvimento radicular. A Fig. 3 mostra a relação da saturação de alumínio com o peso seco das raízes de milho. Por outro lado, os baixos níveis de cálcio no solo também restringem o desenvolvimento radicular (Fig. 4). Essas situações são indesejáveis também em subsuperfície; portanto, é indispensável a análise de solo pelo menos das camadas de 0-20 e de 20-40 cm de profundidade.

A solução desses problemas passa necessariamente pela aplicação de corretivos no solo. A incorporação profunda do corretivo apresenta vantagens, pois permite a correção da acidez e elevação do nível de cálcio a um maior volume de solo. Por outro lado, o carbonato é pouco móvel no solo, necessitando ser incorporado em profundidades. Para colocação profunda do corretivo é necessária a utilização do arado, que pode apresentar maior penetração quando utilizado após gradagem.

5.3. Adubação

A planta necessita, para seu crescimento e desenvolvimento, de 16 elementos essenciais, assim classificados:

- elementos provenientes do ar e da água: carbono, oxigênio e hidrogênio;
- elementos provenientes do solo: macronutrientes + nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) e micronutrientes + boro (B), cobre (Cu), cloro (Cl), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn).

As necessidades nutricionais de qualquer planta são determinadas pela quantidade total de nutrientes que a mesma precisa extrair durante seu desenvolvimento fisiológico. Essa extração total dependerá do rendimento obtido e da concentração de nutrientes nos grãos e no

restante da planta. A concentração dos nutrientes tanto nos grãos como no restante da planta depende do ciclo da cultivar, da época de semeadura, da densidade de plantio, etc. A Tabela 4 apresenta indicação da quantidade de nutrientes extraídos pela cultura do milho. Extrapolações que se façam para outras produções, só darão idéia da necessidade de nutrientes para o desejo do nível de produção.

Além da extração de nutrientes efetuados pela cultura e exportados, a marcha de absorção permite fazer adubações oportunas, assim como, a sintomatologia permite identificar deficiências ao nível de campo. Além desses aspectos, a necessidade de adubação com NPK e zinco será abordada a seguir.

5.3.1. Nitrogênio

5.3.1.1. Marcha de absorção

Na absorção de nitrogênio pode-se distinguir três fases segundo a velocidade de absorção: 1ª) compreende da germinação até um mês antes da aparição dos "cabelos" do milho; 2ª) durante o mês anterior à aparição dos "cabelos"; e 3ª) até a maturação fisiológica (Fig. 5).

Na primeira fase a absorção é feita em ritmo muito lento. A planta só extrai 8 % de suas necessidades totais. A velocidade de absorção vai aumentando paulatinamente desde a germinação, alcança no começo da segunda fase um valor aproximado de 3,5 kg/ha de N/dia com um máximo durante o período de floração. O nitrogênio absorvido fica fundamentalmente nas folhas, cujo conteúdo alcança o valor máximo ao aparecer a inflorescência masculina. No final da segunda fase, a planta absorve cerca de 60 % de suas necessidades totais de nitrogênio. Na terceira fase, há redução na velocidade

de absorção e ocorre a migração do nitrogênio dos talos e folhas para os grãos.

O objetivo da adubação nitrogenada em cobertura, na cultura do milho, consiste em suprir as plantas em quantidades adequadas entre os 40 e 50 dias após a germinação. Por outro lado, o nitrogênio é pouco retido pelos colóides do solo e, em virtude disso, facilmente lixiviado pelas águas de chuvas. Esse fato constitui-se na principal razão para se recomendar a adubação parcelada de nitrogênio, permitindo melhor aproveitamento pelas plantas.

5.3.1.2. Sintomatologia da deficiência

A deficiência de nitrogênio nos primeiros estádios de crescimento se manifesta pelo menor desenvolvimento das plantas e cor verde-amarelada das folhas. Em estádios mais adiantados a deficiência se caracteriza pelo amarelecimento das pontas das folhas mais velhas. A evolução do sintoma origina um "V" necrótico invertido na ponta da folha, que posteriormente fica toda amarela e cai. A deficiência sempre ocorre primeiramente nas folhas mais velhas, pois o nitrogênio é elemento bastante móvel dentro da planta.

5.3.1.3. Principais fertilizantes utilizados

Os fertilizantes nitrogenados mais encontrados no mercado brasileiro são:

- a) nitrocálcio: apresenta cerca de 27 % de N, sendo a metade na forma nítrica e outra metade na forma amoniacal;
- b) sulfato de amônio: constitui-se na fonte de fertilizante nitrogenado mais utilizada em nosso país. Contém 20 % de nitrogênio e 24 % de enxofre;

- c) uréia: apresenta 45 % de nitrogênio, sendo me nos acidificante do solo que o sulfato de amô nio.

5.3.2. Fósforo

5.3.2.1. Marcha de absorção

A absorção de fósforo é muito mais lenta que a do nitrogênio e ocorre paralela à acumulação de matéria seca durante a maior parte do desenvolvimento vegetativo da planta. A curva de absorção de fósforo apresen ta-se quase linear, mostrando pequena diminuição perto da formação do "pendão" (Fig. 6). As folhas e o colmo apresentam a quantidade máxima de fósforo no momento em que começam a se formar os grãos. Ao mesmo tempo, inicia-se a translocação do fósforo dos órgãos vegeta tivos para os grãos.

5.3.2.2. Sintomatologia da deficiência

A deficiência de fósforo apresenta-se, geralmente, nas primeiras fases do desenvolvimento, sendo o sinto ma típico a coloração vermelho-arroxeadada das folhas e colmos. Essa coloração é devido à formação de antocia nina, um pigmento purpúreo que se desenvolve quando há acúmulo de açúcar decorrente da redução do metabolismo dos carboidratos pela planta, em virtude da carência de fósforo. Também há formação de colmos finos, espí gas pequenas e retorcidas e poucas raízes. Deve-se sa lientar que essa coloração vermelho-arroxeadada não se deve exclusivamente à deficiência de fósforo. O mesmo sintoma pode aparecer devido a fatores genéticos, clí ma, pragas, etc.

5.3.2.3. Principais fertilizantes utilizados

Em contraste com o nitrogênio, as formas de fósforo no solo são bastante estáveis, não se perdendo por lixiviação ou volatilização. Essa estabilidade está diretamente relacionada com a alta capacidade de fixação de fósforo por constituintes do solo. Sabe-se que não mais de 20 % do fósforo aplicado ao solo são prontamente aproveitados pelos vegetais, pois grande parte é fixado em formas menos solúveis.

Os fertilizantes fosfatados mais encontrados no mercado brasileiro são:

- a) superfosfato simples: comumente se apresenta com 16 a 18 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico, 27 % de CaO e 12 % de enxofre;
- b) superfosfato triplo: possui 40 a 44 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico, 20 % de CaO e 2 % de enxofre;
- c) termofosfato (Yoorin): o produto contém 18 % de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico e ainda possui 28 % de CaO, 18 % de MgO e micronutrientes na sua composição.

5.3.3. Potássio

5.3.3.1. Marcha de absorção

A absorção de potássio é rápida desde a emergência, sendo inclusive superior a do nitrogênio. Isso sugere a aplicação do potássio na semeadura em quantidade suficiente. Ao redor de 20 dias antes do surgimento dos "cabelos" da espiga a velocidade de absorção se eleva rapidamente, mantendo-se constante durante cerca de 20-25 dias (Fig. 7). O potássio absorvido encontra-se principalmente nas folhas e colmos. A máxima concentração nas folhas ocorre no período de aparecimento do

"pendão". A partir desse momento o colmo armazena mais potássio. A translocação do potássio para os grãos é mais lenta e menos importante do que os demais macronutrientes.

5.3.3.2. Sintomatologia da deficiência

A deficiência de potássio se mostra no início por diminuição do ritmo de crescimento da planta e coloração mais clara das plantas deficitárias. Posteriormente ocorre descoloração dos bordos das folhas mais velhas, seguida pelo escurecimento e necrose dos mesmos. Finalmente esse sintoma se estende para toda a superfície da folha. A falta de potássio origina espigas com pontas sem grãos e com muita palha.

5.3.3.3. Principais fertilizantes utilizados

O suprimento adequado de potássio está relacionado com a resistência da planta a determinadas doenças, stress de umidade, baixa temperatura, acamamento e obtenção de produtos de melhor qualidade.

Os principais fertilizantes potássicos são:

- a) cloreto de potássio: possui 60 a 62 % de K_2O ;
- b) sulfato de potássio: possui 50 a 53 % de K_2O e 17 a 18 % de enxofre;
- c) sulfato de potássio e magnésio: tem em sua composição 22 % de K_2O , 18 % de MgO e 22% de enxofre;
- d) nitrato de potássio: tem em sua composição 44 % de K_2O e 13 % de N.

5.3.4. Micronutriente

5.3.4.1. Zinco

O zinco é, sem dúvida, o micronutriente cuja deficiência é mais encontrada na cultura do milho. O pr

meiro sintoma de deficiência é o aparecimento de estrias descoloridas (brancas) em ambos os lados da nervura das folhas mais novas, estendendo-se por toda sua extensão. Em casos graves esses sintomas manifestam-se nas folhas seguintes. As folhas velhas podem adquirir a cor roxa, sofrem necrose e morrem. Outro sintoma característico são os internódios curtos.

Os fatores determinantes da deficiência de zinco são:

- a) pequenas reservas de zinco total e esgotamento dessas reservas por cultivos sucessivos;
- b) calagem excessiva de solos originalmente ácidos. A solubilidade do zinco é altamente dependente do pH e, a cada unidade de aumento nesse fator, decresce 100 vezes;
- c) excessiva adubação fosfatada (precipita zinco);
- d) monocultivo de milho ano após ano;
- e) solos arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e sob altas precipitações são mais pobres em Zn (lixiviação);
- f) manejo do solo inadequado com deterioração da estrutura e menor desenvolvimento do sistema radicular.

As principais fontes de zinco para adubação são o sulfato de zinco (22,7 % de Zn) e o óxido de zinco (20 a 78 % de Zn).

Recomenda-se aplicar 9 kg/ha de zinco quando a adubação é feita a lanço. Essa quantidade tem sido suficiente para quatro colheitas sucessivas. Para aplicações anuais, no sulco de semeadura, recomenda-se 2 kg/ha de zinco, ambas na forma de sulfato de zinco. Quando a deficiência aparece com a cultura em desenvolvimento, recomenda-se pulverizações (400 l/ha) com solução de 0,5 % de sulfato de zinco, neutralizada com 0,25 % de cal (Vasconcellos et al. 1987).

5.3.5. Necessidade de adubação nitrogenada

As respostas do milho à adubação nitrogenada estão relacionadas com condições climáticas, manejo do solo, cultivares, manejo da cultura, etc.

Havendo ocorrência normal de chuvas e semeadura em solos não degradados, com disponibilidade adequada de matéria orgânica, os resultados são pouco pronunciados. Em solos degradados pelo uso intensivo, as respostas poderão ser maiores, principalmente se forem utilizadas cultivares de alta resposta. Nos anos em que ocorrem estiagens os resultados da adubação nitrogenada são praticamente nulos, evidenciando a importância da adequada disponibilidade de água para o aproveitamento do N. As doses normalmente recomendadas variam entre 30 a 90 kg/ha de N para lavouras com alto potencial de rendimento. Recomenda-se o parcelamento da dose, sendo 1/3 aplicado na semeadura e 2/3 em cobertura. Quando for utilizada a uréia como fonte de N, o adubo deverá ser incorporado imediatamente após a aplicação devido à volatilização. No caso do sulfato de amônio ou outra fonte de N-nítrico, a incorporação é desnecessária.

Deve-se salientar que a rotação de culturas com espécies leguminosas, fixadoras de nitrogênio, diminuem a necessidade de adubação mineral para o milho, especialmente àquelas para adubação verde de inverno (ver capítulo 2).

5.3.6. Necessidade de adubação fosfatada

É comum a baixa produtividade do milho devido à pouca disponibilidade de fósforo nos solos.

Para a cultura do milho, o emprego da análise química do solo constitui-se em medida de boa eficácia para determinação da adubação fosfatada. Nakayama et al.

(1984) estabeleceram para o estado de Mato Grosso do Sul classes de fertilidade do solo em função do teor de fósforo no solo (níveis críticos) (Tabela 5).

Para as classes de teores baixo e muito baixo as respostas à adubação fosfatada no sulco de semeadura são mais evidentes. Recomenda-se aplicar em torno de 50 a 80 kg/ha de P_2O_5 . Para solos com teores médio e alto deve-se fazer a adubação fosfatada com vistas a manutenção da fertilidade do solo.

5.3.7. Necessidade de adubação potássica

O estado de Mato Grosso do Sul não possui dados de resposta de adubação potássica em milho, sendo apresentados os níveis críticos de K para os estados de São Paulo e Paraná (Tabela 6).

Os efeitos positivos da adubação potássica têm sido verificados em terras arenosas e naquelas com o teor de K^+ trocável inferior a 0,3 meq/100 cm^3 . Nessas situações, doses para os teores baixo e médio devem ficar em torno de 60 e 45 kg/ha de K_2O , respectivamente.

5.4. Referências bibliográficas

- FAVARIN, J.L. Manejo e conservação do solo para a cultura do milho. In: FANCELLI, A.L., coord. Milho. Piracicaba, ESALQ/FEALQ, 1990. p.17-26.
- GAMBOA, A. La fertilización del maíz. Berna, IIP, 1980. 72p. (IIP. Boletín, 5).
- KAMPRATH, E.J. Lime in relation to Al toxicity in tropical soils. In: ANDREW, C.S. & KAMPRATH, E.J., ed. Mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils. Melbourne, CSIRO, 1978. p.233-45.

- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E., coord. Seminário sobre corretivos agrícolas. Campinas, Fundação Cargill, 1985. p.3-57.
- MUZILLI, O. & OLIVEIRA, E.L. Nutrição e adubação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, Londrina, PR. O milho no Paraná. Londrina, 1982. p.83-104. (IAPAR. Circular, 29).
- NAKAYAMA, L.H.I.; PÖTTKER, D. & SANTOS, R.F. Efeito de diferentes teores de fósforo no solo sobre o rendimento do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Dourados, MS. Resultados de pesquisa com a cultura do milho em 1983. Dourados, 1984. p.33-39. (EMBRAPA. UEPAE Dourados. Documentos, 11).
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.
- RAIJ, B. van.; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R. & TRANI, P.E. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1985. 107p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- SCHOEMAKER, H.E.; McCLEAN, E.O. & PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 25:274-7, 1961.

VASCONCELLOS, C.A.; SANTOS, H.L. dos & FRANÇA, G.E. de.
Adubação e calagem. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PES-
QUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de
Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Recomendações téc-
nicas para o cultivo do milho. 3.ed. Sete Lagoas,
1987. p.43-51. (EMBRAPA. CNPMS. Circular Técnica,
4).

TABELA 1. Efeitos de doses crescentes de calcário nos valores de pH e Alúminio trocável (Al) em solo ácido da região de Ivaiporã, PR, e sua influência na produção de matéria seca pelo milho, até os 54 dias de idade das plantas.

Nível de calagem	Dose (t/ha)	Análise do solo		Produção de matéria seca pelo milho (g/vaso)
		pH	Al (meq/100 ml)	
Sem calcário	0	4,1	3,4	1,36
Calagem para 1/2 Al	3,0	4,6	1,5	2,13
Calagem para Al \approx 0	8,0	5,3	0,2	2,50
Calagem para pH \approx 6,5	12,0	5,7	0,1	2,50

Fonte: Muzilli & Oliveira (1982).

TABELA 2. Produção relativa de algumas culturas em função do pH (produção máxima encontrada = 100).

Cultura	pH em água				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Milho	34	73	83	100	85
Trigo	68	76	89	100	99
Aveia	77	93	99	98	100
Centeio	0	23	80	95	100
Alfafa	2	9	42	100	100
Trevo doce	0	2	49	89	100
Trevo vermelho	12	21	53	98	100
Soja	65	79	80	100	93

Fonte: Malavolta (1985).

TABELA 3. Profundidade do solo Latossolo Eutrófico (LE) necessária para suprir a demanda de 6 mm de evapotranspiração, a partir da capacidade de campo.

Dia sem chuva	Frequência	Profundidade do solo LE (cm)
8	3/ano	40
10	2/ano	50
13	1/ano	65
18	2 em 7 anos	90
22	1 em 7 anos	110

Fonte: Favarin (1990).

TABELA 4. Nutrientes contidos na parte aérea da cultura do milho com produção de 9.100 kg/ha^a.

Elemento	kg do elemento		Total	Grão (%)
	Forragem	Grão		
Nitrogênio (N)	61,6	128,8	190,4	68
Fósforo (P)	7,8	31,4	39,2	80
Potássio (K)	156,8	39,2	196,0	20
Cálcio (Ca)	39,2	1,1	40,3	4
Magnésio (Mg)	32,5	11,2	43,7	26
Enxofre (S)	9,0	12,3	21,3	58
Cloro (Cl)	76,2	4,5	80,7	6
Ferro (Fe)	2,0	0,11	2,11	5
Manganês (Mn)	0,28	0,06	0,34	17
Cobre (Cu)	0,09	0,02	0,11	20
Zinco (Zn)	0,20	0,20	0,40	50
Boro (B)	0,13	0,04	0,17	25
Molibdênio (Mo)	0,003	0,006	0,009	63

^a Dados derivados de análise química de amostras de milho procedentes das estações de Indiana, Iowa, Michigan e Nebraska.

Fonte: Gamboa (1980).

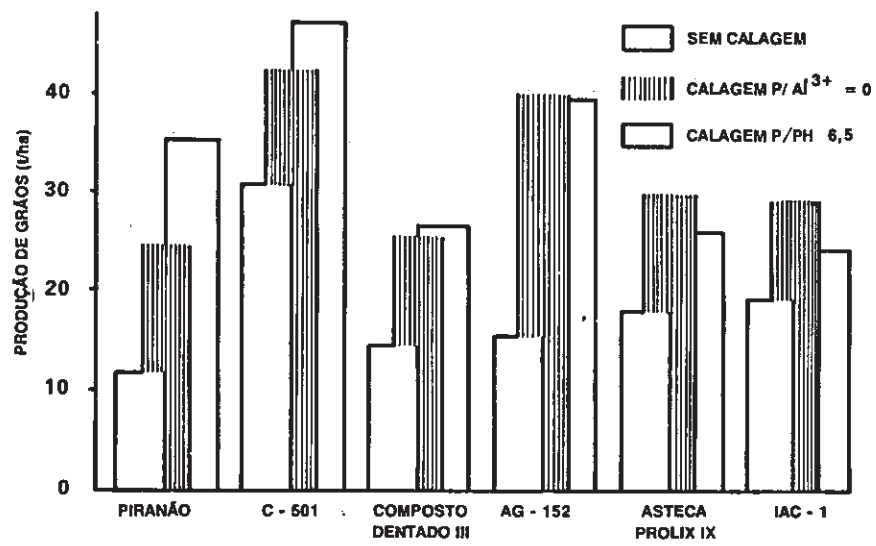
TABELA 5. Estabelecimento de classes de fertilidade do solo em função do teor de fósforo no Latossolo Roxo distrófico (L Rd) argiloso, extraído pelo método de Mehlich em função do rendimento relativo do milho. EMBRAPA-JEPAE de Dourados, MS, 1983.

Rendimento relativo (%)	Teor de fósforo ($\mu\text{g/ml}$)		Classe de fertilidade
	Mehlich		
0 - 70	< 3,2		muito baixa
71 - 90	3,3 - 6,8		baixa
91 - 100	6,9 - 12,6		média
> 100	> 12,6		alta

Fonte: Nakayama et al. (1984).

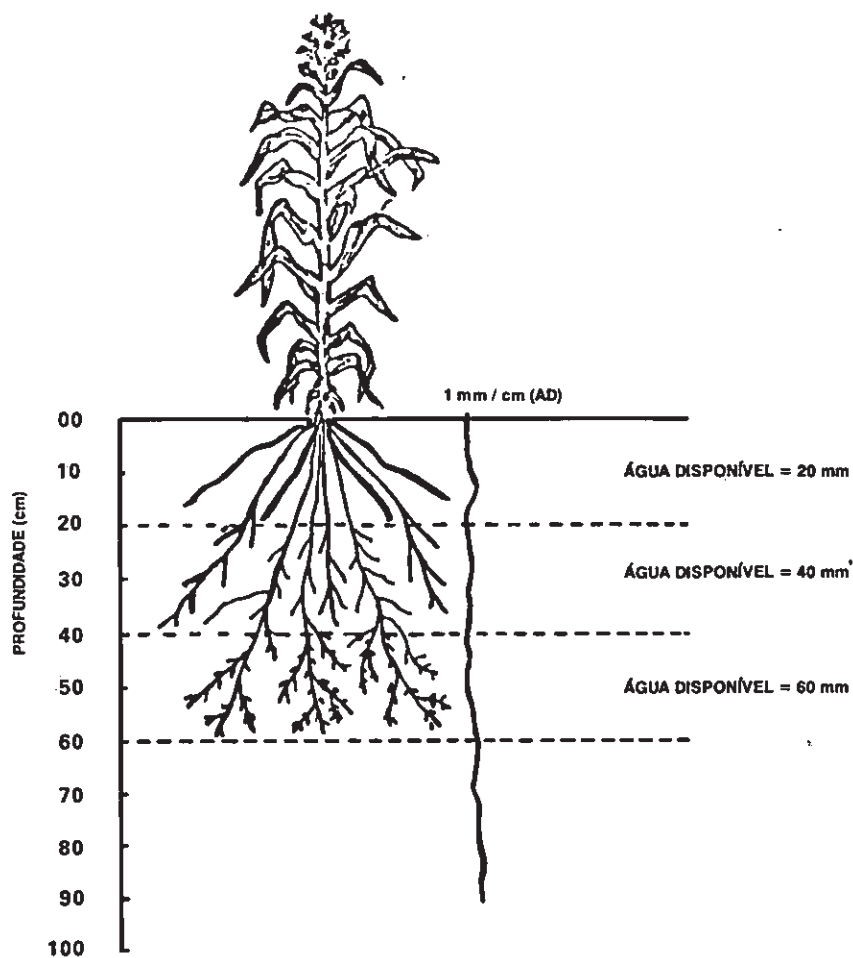
TABELA 6. Níveis de potássio no solo para recomendação de adubação de manutenção na cultura do milho, nos estados de São Paulo e Paraná.

Estado	Potássio trocável meq/100 cm ³				Fonte
	Baixo	Médio	Alto	Muito alto	
São Paulo	0-0,15	0,16-0,30	0,31-0,60	> 0,60	Raij et al. (1985)
Paraná	< 0,1	0,11-0,30	0,31-0,60	> 0,60	Muzilli & Oliveira (1982)



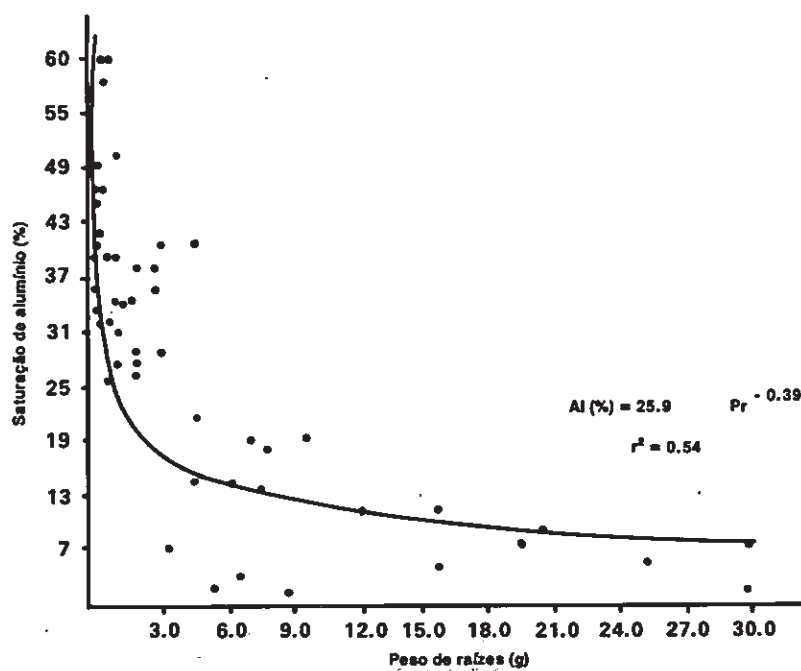
Fonte: Muzilli & Oliveira (1982).

FIG. 1. Variação na resposta a diferentes níveis de calagem, por algumas cultivares de milho.



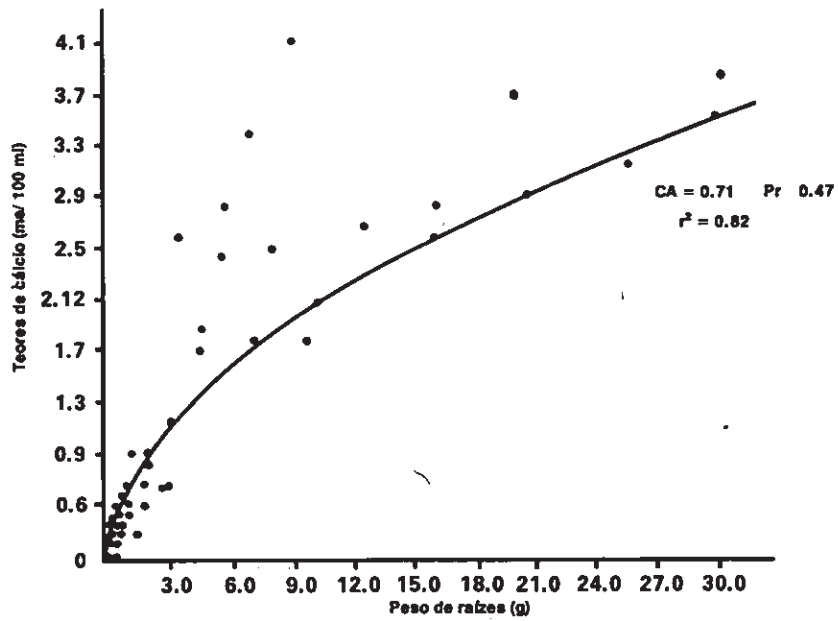
Fonte: Favarin (1990).

FIG. 2. Quantidade de água disponível em função da profundidade do solo.



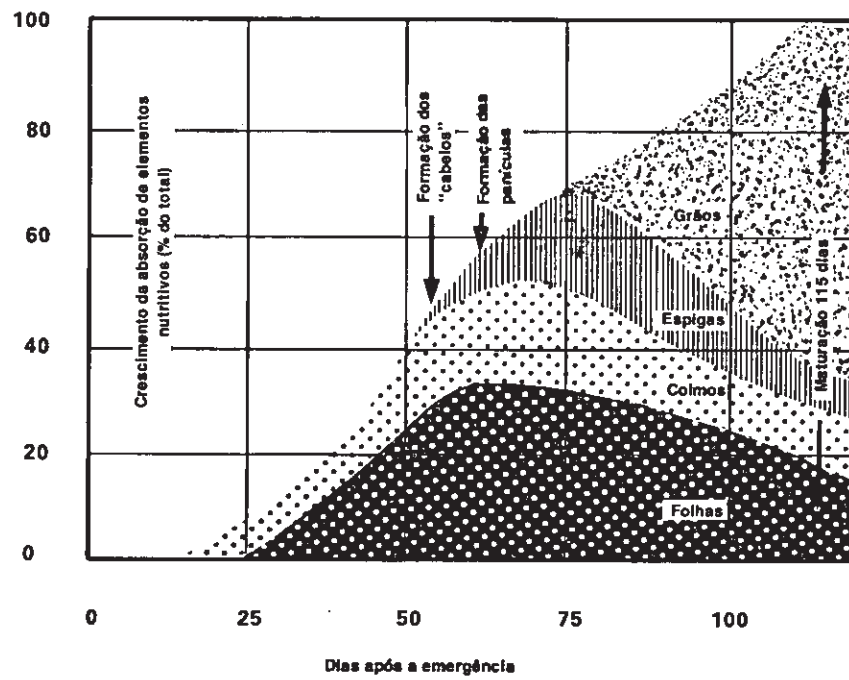
Fonte: Favarin (1990).

FIG. 3. Relação da saturação de alumínio com o peso seco de raízes de milho.



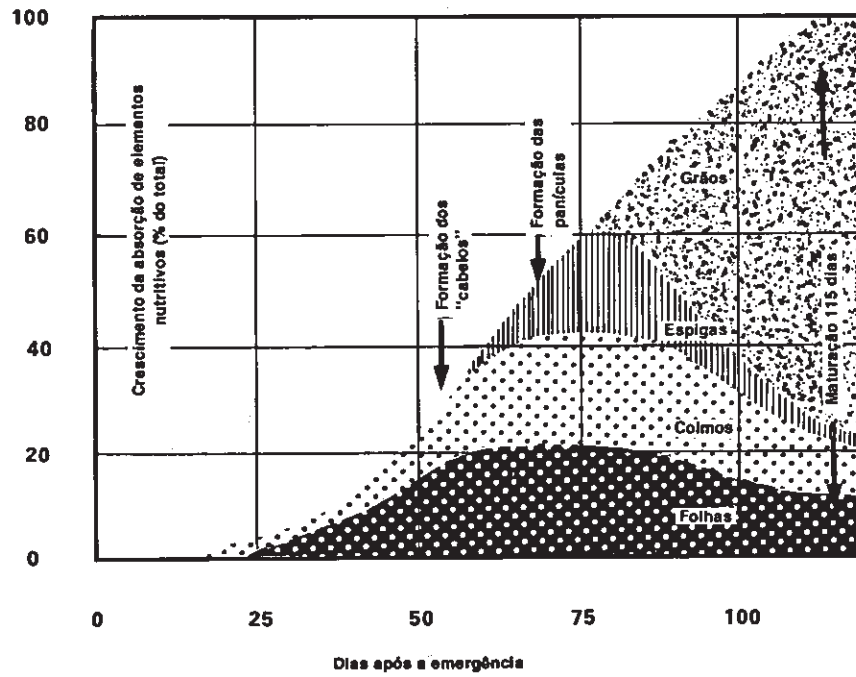
Fonte: Favarin (1990).

FIG. 4. Relação dos teores de cálcio com o peso seco das raízes de milho.



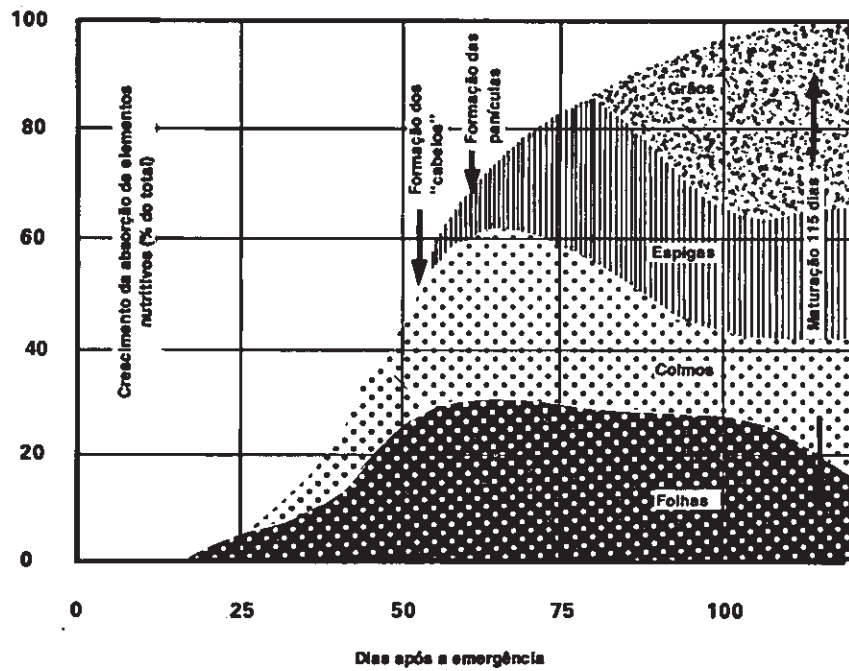
Fonte: Gamboa (1980).

FIG. 5. Absorção de nitrogênio pelo milho.



Fonte: Gamboa (1980).

FIG. 6. Absorção de fósforo pelo milho.



Fonte: Gamboa (1980).

FIG. 7. Absorção de potássio pelo milho.