

I CURSO SOBRE PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS
EMBRAPA - UEPAE DE RIO BRANCO
COLABORAÇÃO: EMATER-AC

NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DAS CULTURAS
DO ALHO, BETERRABA, CEBOLA, CENOURA, REPOLHO E TOMATE

MARIA INÊS NOGUEIRA ALVARENGA
ENG^o AGR^o - MS - PESQUISADORA DA EMBRAPA

RIO BRANCO-ACRE - 17/09 A 21/09/84

S U M Á R I O

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	01
2. OS ELEMENTOS MINERAIS ESSENCIAIS AO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS	06
2.1. Critérios de essencialidade	07
2.2. Funções dos elementos essenciais.....	08
3. O SOLO COMO FONTE DE NUTRIENTES	10
3.1. Composição do solo	13
3.2. A fase sólida do solo	15
3.3. Reação do solo.....	17
3.3.1. Causas da acidificação progressiva dos solos	19
3.3.2. Acidez ativa e acidez trocável (potencial)..	19
3.3.3. Poder tampão dos solos	21
3.3.3. Influência do pH na disponibilidade de nutri- entes no solo	22
4. O pH E AS PLANTAS	25
5. ADUBAÇÃO DAS HORTALIÇAS	26
5.1. Cultura do alho	28
5.2. Cultura da beterraba e cenoura	30
5.3. Cultura da cebola.....	31
5.4. Cultura do repolho	32
5.5. Cultura do tomateiro	34
6. ALGUNS ASPECTOS RELEVANTES	36
6.1. Sintomas de deficiências das culturas.....	37
6.2. Resposta à calagem	41
6.3. Recomendação de dose de calcário.....	42
6.4. Cálculo de misturas	44
7. CONCLUSÕES	45
8. LITERATURA CONSULTADA	45

1. INTRODUÇÃO

Os processos de nutrição das plantas são aqueles relacionados com a aquisição dos elementos nutritivos e com suas funções na vida vegetal. Conforme Epstein (1975), "a nutrição das plantas é de importância singular no reino da vida, na Terra e nos negócios do homem. Todas as coisas vivas consistem de átomos de elementos químicos. Os reservatórios fundamentais desses elementos na Terra são as rochas, os oceanos e a atmosfera".

As rochas quando decompostas em solos; os oceanos, que através da atmosfera, fornecem água para os lagos rios e solos; e mesmo a atmosfera que contém compostos simples agregados, soluções e gases; constituem juntas jazidas que o mundo vivo explora para obter os elementos que vão constituir a palmeira, o pinheiro, o arroz, o rato, o homem; ou seja, toda a vida terrestre.

Entretanto, não são todos os seres vivos que participam dessa mineração primária da matéria prima para a vida. Somente as plantas verdes e certos microrganismos são capazes de sintetizar seus próprios alimentos, são os organismos auto-suficientes e são chamados de autótrofos (Epstein, 1975).

Desses organismos autotróficos são nosso objetivo apenas os vegetais, bem como suas relações com o meio (solo-água) na sua nutrição.

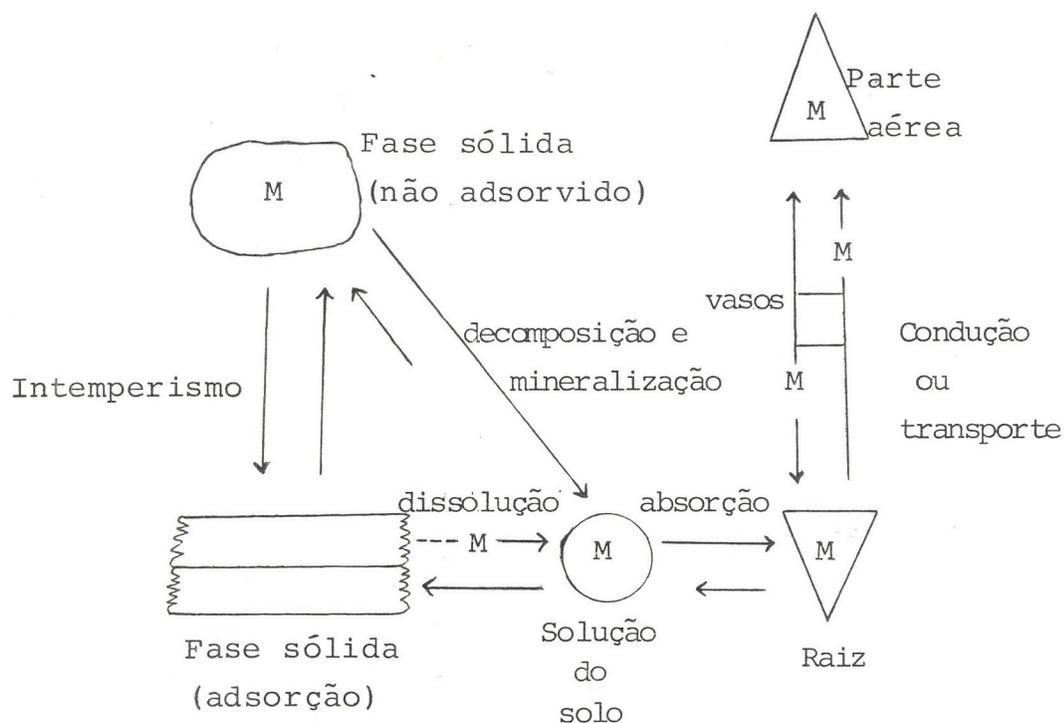


Fig. 1. Vista geral do Reino da Nutrição Mineral de Plantas (Malavolta, 1980).

Na figura 1, que dá uma visão geral do Reino da Nutrição Mineral das Plantas, se distinguem: a) compartimentos, e b) vias de comunicação ou de transferência de um elemento, M, geralmente em nutrientes da planta (Malavolta, 1980).

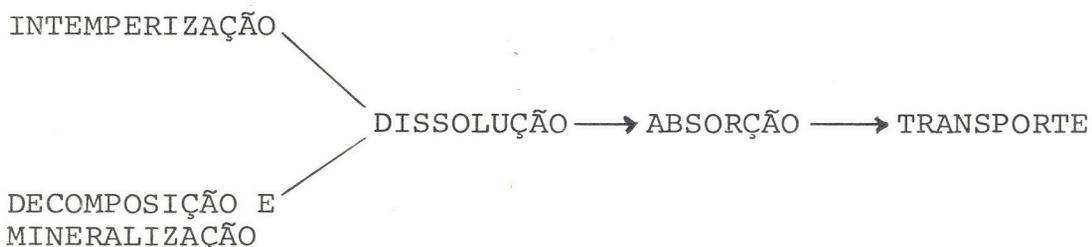
São os seguintes os compartimentos:

1. Fase sólida, contendo M em forma não adsorvida (adsorvido = concentrado superficialmente) e que é constituída pela matéria orgânica e minerais.
2. Fase sólida, contendo M adsorvido e que é constituída principalmente por minerais (diferentes dos anteriores).
3. Solução do solo, solução contendo os nutrientes das plantas e outros elementos também.
4. Raiz, que é o órgão de absorção dos elementos da solução do solo.

5. Parte aérea da planta, que pode ser considerada como o destino dos nutrientes absorvidos.

Entre os compartimentos, têm lugar vários processos de transferência pelas vias de comunicação, conforme seguem:

- 1a. Passagem do elemento não adsorvido na fase sólida para a superfície de minerais (e da matéria orgânica também) - dá-se por decomposição (intemperismo de minerais formadores do solo, particularmente).
- 2a. Transferência de M adsorvido na fase sólida para a solução do solo - dissolução pela água.
- 3a. Passagem direta do elemento não adsorvido para a solução do solo - ocorre principalmente devido à decomposição e mineralização (libertação de elementos em forma mineral) da matéria orgânica.
- 4a. Transferência de M em solução para a raiz - processo de absorção.
- 5a. Passagem do elemento da raiz e parte aérea - condução ou transporte.



Dessa forma, pode-se então considerar que a Nutrição Mineral de Plantas estuda:

- 1º) a absorção dos elementos contidos no solo ou em outros meios;
- 2º) o transporte e a redistribuição desses elementos;
- 3º) os papéis que esses elementos desempenham nas plantas.

A tabela 1 dá a composição elementar da matéria seca de uma plantação de soja (G. max (L.) Merrill) que produziu

"A capacidade dos solos para fornecer estes elementos essenciais é problema fundamental da edafologia. Na medida em que não possam ser supridos pelos solos, estes elementos deverão ser adicionados nas formas de fertilizantes, adubos e resíduos agrícolas" (Brady, 1983).

Convém lembrar que o crescimento vegetal depende duma combinação de fatores e que se qualquer deles estiver em desequilíbrio em relação aos outros, poderá reduzir ou mesmo anular inteiramente o crescimento das plantas. Além disso, segundo Brady (1983) e Malavolta (1980), o fator que estiver abaixo da condição ótima determinará o nível de produção agrícola. Este princípio, algumas vezes denominado "princípio dos fatores limitativos" pode ser enunciado da seguinte maneira: "O nível de produção agrícola não pode ser maior do que o possibilitado pelo mais limitativo dos fatores essenciais ao crescimento vegetal".

Esta conceituação, ilustrada na figura 2, é da maior importância e aplica-se aos elementos nutrientes. É preciso haver preocupação não só com o suprimento de um determinado elemento, mas também com a interação de tal elemento com os outros fatores que poderão exercer influência sobre o crescimento vegetal.



Fig. 2. Elucidação do princípio dos fatores limitantes. O nível de água dos barris acima representa o nível da produção agrícola. À esquerda o N aparece como o fator mais limitativo. Embora os outros elementos estejam presentes em quantidades mais adequadas, a produção agrícola não pode ser maior do que o possibilitado pelo N. Quando é adicionado o fertilizante nitrogenado (à direita), o nível de produção é aumentado até atingir a restrição do fator limitativo mais próximo, neste caso o K (Brady, 1983).

2. OS ELEMENTOS MINERAIS ESSENCIAIS AO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS.

O fato de um certo elemento estar presente na planta não significa que o mesmo desempenhe um papel essencial na vida daquela. O solo contém numerosos elementos químicos; e com métodos suficientemente sensíveis a maioria dos elementos da tabela periódica pode ser detectada em qualquer amostra de solo tomada ao acaso. Dessa forma, uma planta cultivada em solo deve por conseguinte conter pelo menos traços da maioria desses elementos tanto daqueles essenciais para o crescimento, como daqueles absorvidos simplesmente porque o mecanismo de absorção não faz seleção absoluta entre uns a outros (Epstein, 1975).

Pode-se então classificar os elementos minerais absorvidos pelas plantas do seguinte modo:

- 1) Essenciais - São os nutrientes minerais das plantas (C, H e O, são tidos como nutrientes orgânicos), sem os quais ela não vive;

- 2) Úteis - A planta pode viver sem eles; entretanto, sua presença é capaz de contribuir para o crescimento, produção ou para a resistência a condições desfavoráveis do meio (clima, pragas e moléstias, compostos tóxicos do solo ou do ar);
- 3) Tóxicos - Quando são prejudiciais às plantas e não se enquadram nas classes anteriores.

Dessa forma fica clara a validade da afirmativa:
 "TODOS OS ELEMENTOS ESSENCIAIS DEVEM ESTAR PRESENTES NAS PLANTAS, MAS NEM TODOS OS ELEMENTOS PRESENTES SÃO ESSENCIAIS".

2.1. CRITÉRIOS DE ESSENCIALIDADE:

Os critérios de essencialidade são condições que o elemento deve satisfazer para que seja considerado essencial são dois os critérios: direto e indireto; que serão aqui enunciados de acordo com Malavolta (1980) e Epstein(1975).

- Critério direto: "Para que um elemento seja essencial basta que seja componente de um composto vital ou que participe de uma reação crucial a vida da planta".

O B é o único elemento essencial que ainda não preencheu o critério direto. Sabe-se, no entanto, que o B é essencial pois ele como todos os outros elementos essenciais, N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo (e Co), satisfazem os critérios indiretos de essencialidade. Segundo estes:

- Critérios indiretos:
- a) na ausência do elemento a planta não completa seu ciclo vital = morre;
 - b) a carência é específica do elemento em questão, na presença de outros que apresentam características semelhantes a planta morre, o elemento é insubstituível;
 - c) o elemento deve ter um efeito direto na vida do vegetal, e não exercer apenas

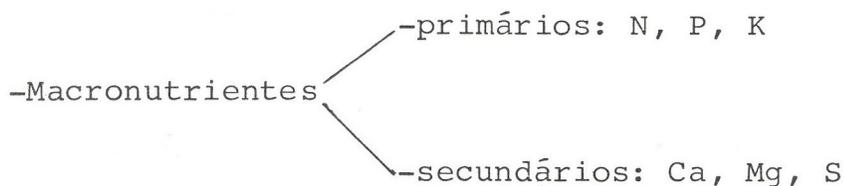
o papel de, com sua presença no meio, neutralizar efeitos físicos, químicos ou biológicos desfavoráveis ao sistema radicular do vegetal".

*OBS: - Si, têm sido observadas grandes quantidades no arroz, entretanto sua função não está ainda definida.

CONCLUSÃO: Estaria completa a lista dos elementos essenciais?

2.2. FUNÇÕES DOS ELEMENTOS ESSENCIAIS:

Antes de se falar realmente sobre as funções dos elementos nas plantas, é bom lembrar que os elementos nutritivos das plantas, com base na quantidade por elas absorvida, se dividem em macro e micronutrientes (Coelho, 1973 e Malavolta, 1980). Os macronutrientes são aqueles absorvidos em grandes quantidades pelas plantas (% na M.S) e os micronutrientes são aqueles absorvidos em pequenas quantidades (ppm). Dentre os macronutrientes consideram-se ainda macronutrientes primários e macronutrientes secundários.



-Micronutrientes: -Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo e Cl.

Exceções: - Si tem sido encontrado em grande quantidade em plantas de arroz

-Co = plantas que dependem exclusivamente da fixação biológica do N (Leg- hemoglobina)

-Na = Atriplex vesicaria

-Se = Astragalus racemosus

Essa divisão é apenas quantitativa mas todos são igualmente importantes, pois são todos essenciais.

Em relação a função dos nutrientes nas plantas elas são basicamente em número de três:

1. Estruturais;
2. Ativadores de enzimas;
3. Funções não esclarecidas.

Essas funções estão resumidas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Funções dos nutrientes (macronutrientes)

Nutriente	Função
N	- Importante no metabolismo como composto.
P	- Armazenamento e transferência de energia, estrutural.
K	- Abertura e fechamento de estômatos, síntese e estabilidade de proteínas, relações osmóticas, síntese de carboidratos.
Ca	- Ativação enzimática, parede celular, permeabilidade.
Mg	- Ativação enzimática, estabilidade de ribossomos, fotossíntese.
S	- Grupo ativo de enzimas e coenzimas.

Fonte: Malavolta, 1980.

Tabela 3 - Funções dos nutrientes (micronutrientes)

Nutrientes	Função
B	- Transporte de carboidratos. Coordenação com fenóis.
Cl	- Fotossíntese.
Co	- Fixação de N ₂ .
Cu	- Enzima e fotossíntese.
Fe	- Grupo ativo em enzimas e em transportadores de elétrons.
Mn	- Fotossíntese, metabolismo de ácidos orgânicos.
Mo	- Fixação de N ₂ , redução de NO ₃ ⁻ .
Zn	- Enzimas.

Fonte: Malavolta, 1980.

3. O SOLO COMO FONTE DE NUTRIENTES

O solo é o substrato mineral direto para as plantas terrestres. Todos os nutrientes com exceção do C, H e O, são retirados por elas principalmente do solo. Conforme visto na tabela 1, C, H e O correspondem em peso a 90% do total da planta; entretanto os 10% restantes, que correspondem ao que é fornecido pelo solo, qualitativamente, têm mesma importância.

Para cada elemento essencial:

1) O solo deve, constatemente, fornecer às superfícies de raízes (por convecção e/ou difusão) uma quantidade suficiente para manter sua concentração a um nível que permita uma dada velocidade de absorção pelas raízes.

2) A velocidade de absorção pelas raízes deve ser suficiente para manter uma dada velocidade de transporte para locais de reações específicas (sub-celulares) em várias partes das plantas.

3) A velocidade de transporte aos locais de reação deve ser suficiente para permitir que as funções fisiológicas desejadas ocorram em ritmo necessário para ótimos ritmos de crescimento de cada tecido específico.

4) As condições de solo e ar devem ser tais que per

mitam os processos de transporte e as reações fisiológicas, operarem em ritmo adequado durante a estação de crescimento.

5) O fornecimento de elementos tóxicos ou inibidores para a superfície das raízes, e a sua absorção e distribuição dentro da planta, não devem ser suficientemente altas para reduzir o processo de transporte e as reações fisiológicas em que o elemento essencial está envolvido.

- O SISTEMA "SOLOS-PLANTA" DEVERÁ SER CONSIDERADO COMO UM PROCESSO DE TRANSPORTE CONTÍNUO.

Entretanto a obtenção de uma condição ideal do sistema solo - planta é muito difícil, ou talvez até impossível para condições de campo. Vários são os motivos que fazem a quantificação da condição ideal muito difícil:

- 1- Heterogeneidade do sistema ^{solo} solo.
- 2- Heterogeneidade na proliferação do sistema radicular.
- 3- Capacidade de absorção pelas raízes varia em tempo e espaço.
- 4- Um grande número de modificações ocorre na região de contato entre solo e raiz.
- 5- Redistribuição de nutrientes pode ocorrer após absorção.
- 6- As necessidades nutricionais de um tecido podem variar com o tempo.
- 7- Presença no solo de compostos alelopáticos* e reguladores de crescimento.

Para se chegar a uma conclusão lógica sobre a razão porque ocorrem tão frequentemente deficiências de substâncias nutritivas nos solos, conforme Brady (1983), quatro são as fases que deverão ser consideradas:

- a) quantidade de macronutrientes nos solos minerais,
- b) formas de combinação dos nutrientes,

* Compostos alelopáticos, são substâncias produzidas por uma planta que podem regular o crescimento de outras plantas. Normalmente é um processo inibitório.

- c) processos pelos quais os elementos se tornam assimiláveis pelas plantas,
- d) solução do solo e pH.

Solo, do ponto de vista agrícola é uma mistura de materiais minerais e orgânicos da superfície da terra, que serve de ambiente para o crescimento das plantas (Coelho, 1973).

O solo como fator de produção agrícola, possui duas características básicas que revelam seu valor agrônomo: fertilidade e produtividade. Segundo Coelho (1973), o termo fertilidade refere-se a capacidade de um solo para fornecer nutrientes às plantas em quantidades adequadas e proporções convenientes. Assim a fertilidade de um solo pode ser conduzida a condições ideais pela intervenção do homem, através das práticas de calagem e adubação, fundamentadas em bases científicas.

A produtividade, de acordo com o mesmo autor, é relacionada com a capacidade de um solo em proporcionar rendimento às culturas, podendo apenas ser melhorada pela intervenção do homem, como, por exemplo, pela incorporação de matéria orgânica em solo pobre nesse componente. A matéria orgânica, melhorando a estrutura do solo, facilita as condições de desenvolvimento das raízes das plantas, permitindo, portanto, a exploração de maior volume de solo. Há fatores que caracterizam um solo de alta produtividade como:

- a) riqueza em nutrientes essenciais às plantas;
- b) boas propriedades físicas;
- c) água disponível suficiente para o bom crescimento dos vegetais;
- d) quantidade adequada de matéria orgânica decomposta;
- e) pH adequado;
- f) escassez de pragas e moléstias.

- TODO SOLO PRODUTIVO É FERTIL, MAS NEM TODO SOLO FÉRTIL É PRODUTIVO.

Ambas as propriedades: fertilidade e produtividade estão relacionadas com as características físicas e químicas do solo.

3.1. COMPOSIÇÃO DO SOLO:

Os solos possuem quatro componentes principais: matéria mineral, matéria orgânica, água e ar, conforme pode ser observado na figura 3.

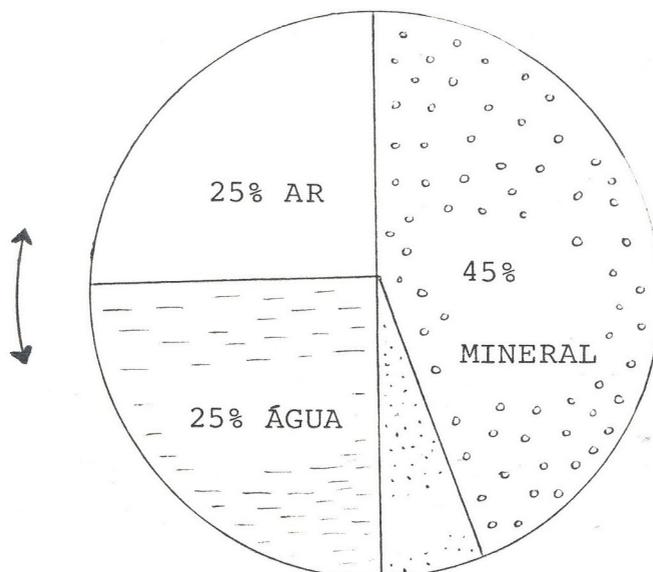


Fig. 3. Composição volumétrica da camada arável de um solo que apresenta boas condições para o crescimento das plantas (Coelho, 1973).

Entretanto esses quatro componentes do solo são agrupados em fases que consistem de sólidos, líquidos e uma mistura de gases. Segundo Malavolta (1980), na maioria dos solos, mesmo nos chamados "solos minerais", as partículas minerais estão associadas de alguma maneira à matéria orgânica ou húmus. Entre as partículas sólidas existem espaços ou poros que não se acham vazios; estão ocupados por gases e por uma solução geralmente diluída, a solução do solo, esta aparece como películas ao redor das partículas sólidas e ocupa os poros menores.

O volume ocupado pelas três fases do solo e considerado ideal é aproximadamente:

50% fase sólida (45% mineral + 5% M.O.)

25% solução

25% gases.

A participação de cada fase no volume total varia no espaço e no tempo; a água de irrigação ou da chuva desloca o

ar; nos solos orgânicos a fração mineral é menor. Além disso uma fase pode reagir com a outra, a solução dissolve minerais e matéria orgânica (M.O.); estes dois podem absorver umidade; componentes da fase sólida podem sofrer processos de volatilização passando, por isso, a ocupar parte do volume dos gases. E assim por diante (Malavolta, 1980). Figura 4.

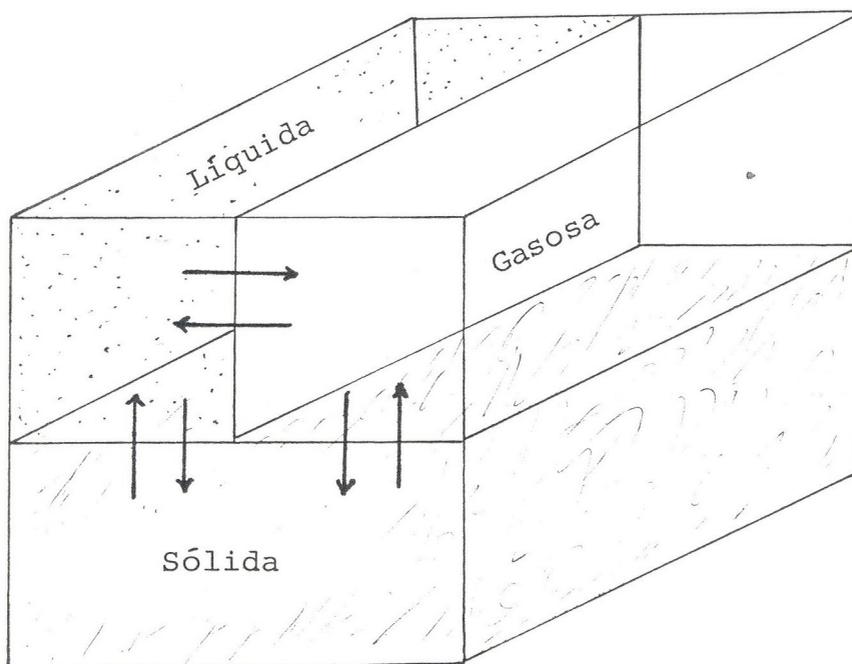


Fig. 4. O solo como um sistema de três fases (Malavolta, 1980).

Dessa forma pode-se então pensar num solo como um sistema dinâmico, sempre havendo movimentação de suas fases. Entretanto essa movimentação, ou seja as transformações, saídas e entradas de elementos no solo, perdas por lixiviação, etc, ocorrem, mas voltando sempre a um estado de equilíbrio. Pensando-se em termos de absorção de nutrientes pelas plantas, quando por exemplo um cátion é absorvido, ocorre um desbalanço de cargas no solo que favorece uma série de reações até atingir um ponto de equilíbrio. O mesmo ocorre quando um ânion é absorvido, ou quando algum fertilizante é adicionado ao solo. Em resumo, pode-se então raciocinar em termos de que qualquer desbalanço causado na concentração do solo, provocará uma "reação em cadeia" que finalizará em um "equilíbrio dinâmico" da solução do solo.

Dentre as fases do solo a fase sólida é a que desperta maior interesse, pois é nela que, basicamente, estão reti

das todas as reservas nutritivas das plantas.

3.2. A FASE SÓLIDA DO SOLO:

É constituída pelas frações mineral e orgânica do solo e tem duas características principais:

- a) reservatório de todos os nutrientes para a maioria das culturas (excessão: parte do nitrogênio para leguminosas e algumas outras espécies);
- b) superfície ativa que regula a concentração dos elementos na solução do solo: $M(\text{fase sólida}) \rightleftharpoons M(\text{fase líquida})$ (Malavolta, 1980).

Segundo Raij (1980), na fase sólida do solo distinguem-se os elementos integrando as seguintes formas:

- .minerais - primários
- secundários
- .matéria orgânica.

A fração mineral ou inorgânica representa a maior parte da fase sólida dos solos bem drenados que não apresentam acúmulo anormal da matéria orgânica. Ela é constituída de diversos minerais, que são compostos formados em geral por processos inorgânicos e que ocorrem naturalmente na crosta terrestre.

Os minerais primários são aqueles que existem normalmente em rochas ígneas e podem persistir até no solo (Raij, 1981); ou seja, os minerais primários têm a mesma composição do magma original e, em geral, aparecem na fração do solo com partículas de diâmetro maior que 2μ (Malavolta, 1980). Os minerais secundários são formados pela decomposição dos minerais primários por processos químicos e recombinação em novos minerais. Os minerais secundários podem formar-se no próprio solo ou, o que é mais comum, durante processos gerais de intemperismo a translocação de elementos químicos que dão origem à formação de rochas sedimentares e metamórficas (Raij, 1981).

As condições de clima tropical úmido são muito favoráveis ao acentuado intemperismo, o que se deve à alta temperatura associada com umidade, e uma constante remoção de elementos pela lixiviação promovida pela água que percola através do per

fil. Encontram-se, assim, nas regiões tropicais, os solos mais intemperizados, que contêm em sua fração argila uma predominância de ferro, alumínio e silício (Raij, 1981).

Os minerais existentes no solo refletem o material de origem e os processos de intemperismo.

Os minerais que predominam na fração argila* dos solos que cobrem maior parte do país estão apresentados na Tabela 4. Eles revelam severas condições de intemperismo do clima tropical úmido.

Tabela 4. Minerais que predominam na fração argila de solos altamente intemperizados das regiões tropicais.

Denominação	Fórmula
Caulinita	$Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8$
Goethita	$FeO.OH$
Gibbsita	$Al(OH)_3$

Fonte: Raij, 1981.

Os minerais imprimem aos solos importantes propriedades. A areia facilita o cultivo dos solos, já que solos excessivamente argilosos são de difícil cultivo, principalmente se a argila for do tipo 2:1. Por outro lado, solos arenosos tem baixas capacidades de retenção de água e cátions. Óxidos de ferro e alumínio, associados com caulinita e matéria orgânica, conferem a esses solos uma estrutura fina muito estável, que facilita cultivos e condiciona uma alta permeabilidade e elevada aeração. A retenção de água é, contudo, relativamente baixa.

*

*

É preciso não confundir as expressões "fração argila", que refere-se a partículas menores do que 0,002 mm, e "minerais de argila", que refere-se a um grupo de minerais.

Os minerais também afetam diretamente as propriedades químicas dos solos. Os minerais das areias pela sua baixa superfície específica, podem ser considerados inertes. Os óxidos de ferro e alumínio apresentam baixa capacidade de troca de cátions, uma alta capacidade de adsorver fósforo e uma possibilidade de adsorver ânions como o sulfato e mesmo de troca de cátion (CTC) e também adsorve fósforo. Os minerais de argila 2:1 tem alta CTC e podem "fixar" potássio.

A matéria orgânica, que existe nos solos em vários estágios de decomposição, incorpora ao solo dois elementos essenciais, que não existem no material de origem: carbono e nitrogênio. O último é o nutriente mais importante do ponto de vista quantitativo, e só este fato já seria suficiente para justificar a importância da matéria orgânica, como fonte de nitrogênio. Fósforo e enxofre são outros dois nutrientes encontrados em importantes proporções na matéria orgânica do solo, bem como cobre, manganês, zinco.

O húmus** ou matéria orgânica do solo não é apenas uma fonte de nutrientes. Talvez tão ou mais importantes sejam as notáveis propriedades de natureza coloidal que apresenta, que são decorrentes de sua estrutura orgânica complexa aliada a uma fina subdivisão de partículas. A matéria orgânica atua na agregação de partículas, conferindo ao solo condições favoráveis de arejamento e friabilidade. Além disso ela aumenta a retenção de água em solos e é responsável, em grande parte, pela CTC (Raij, 1981).

3.3. REAÇÃO DO SOLO:

Uma das características fisiológicas mais notáveis da solução do solo é a sua reação. Como os microorganismos e os vegetais superiores são demasiadamente sensíveis aos seus ambientes químicos, há muito tempo se concede grande realce à reação do solo e aos fatores a ela associados. Há evidentemente três

** Húmus é aquela matéria orgânica escura, bem decomposta e relativamente estável, na qual não é mais possível reconhecer sua origem.

condições possíveis: acidez, neutralidade e alcalinidades (Brady, 1980).

A acidez é comum, em todas as regiões onde a precipitação é suficientemente elevada para lixiviar quantidades apreciáveis de bases permutáveis das camadas superficiais dos solos. Tão generalizada é sua ocorrência e tão pronunciada a sua influência sobre os vegetais, que transformou-se numa das mais discutidas propriedades dos solos.

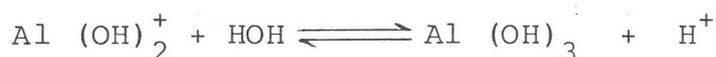
Aparece a alcalinidade, quando há grau, comparativamente elevado, de saturação de bases. A presença de sais especialmente carbonatos de cálcio, magnésio e sódio, estabelece a preponderância dos íons hidroxila sobre os íons hidrogênio na solução do solo. Sob tais condições, o solo é alcalino, algumas vezes de maneira pronunciada; especialmente, quando existe carbonato de sódio, não é raro o pH atingir 9 ou mesmo 10. Solos alcalinos são característicos da maioria das regiões áridas e semi-áridas (Brady, 1983).

A acidez dos solos provém de várias fontes que podem ceder prótons (H^+), as quais apresentam diferentes características:

a) grupos ácidos dos minerais argilosos:

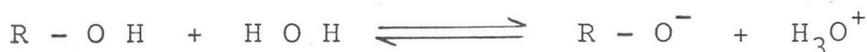
- íons H - trocáveis que provém da superfície dos minerais argilosos.

- íons Al - trocáveis



$Al(OH)_3 \longrightarrow$ estável e precipita.

b) grupos ácidos da matéria orgânica:



A intensidade da acidez dependerá do componente R - da molécula. De maneira geral, os grupos carboxílicos são ácidos

mais fortes que os grupos fenólicos (Fassbender, 1980).

c) aplicação de ácidos solúveis:

- aplicações intensivas de sulfato e nitrato de amônio em solos de baixa capacidade de tampão, resultando acumulação de H_2SO_4 e HNO_3 ;
- oxidação rápida de piritas (FeS_2), através da drenagem de solos inundados, resultando H_2SO_4 . Estes solos se chamam "cat clays";
- mineralização da M.O. sob condições de uma flora microbiana muito ativa resultando em grande quantidade de ácidos orgânicos solúveis.

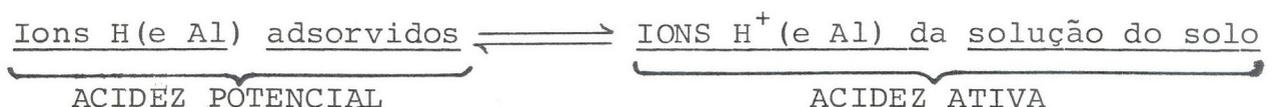
A capacidade tampão de um solo se define como sendo a resistência que este apresenta à mudança de pH, devido a adicão de íons H ou OH. Existem grandes diferenças entre as capacidades "tampão" dos solos, que dependem da natureza de seu complexo coloidal orgânico e mineral (argilas).

3.3.1. Causas da acidificação progressiva dos solos.

A acidificação progressiva dos solos, que se apresenta em especial em áreas tropicais úmidas, se deve a substituição paulatina das bases trocáveis: Ca, Mg, K e Na, por íons de H e Al. Esta substituição resulta da percolação da água, extração de cátions básicos pelas plantas e pelo uso de fertilizantes de caráter ácido (Fassbender, 1981).

3.3.2. Acidez ativa e acidez trocável (potencial).

A concentração de íons de hidrogênio na solução do solo é denominada acidez ativa. Os íons hidrogênio e alumínio retidos nos colóides do solo são designados como acidez trocável ou potencial do solo. A equação a seguir demonstra tais conceitos.



A magnitude dos dois tipos de acidez é de vital im

portância prática. Quando se faz referência a acidez de um solo como elevada, ou muito elevada, poder-se-ia ter a impressão de que, sob certas condições, a acidez ativa poderá ser excessivamente grande. Na realidade precisa-se de apenas $1/50$ de uma libra (9g) de carbonato de cálcio para neutralizar a acidez ativa de um acre de terra arada num solo mineral médio com pH 6, admitindo-se que o carbonato de cálcio pudesse ser colocado em contato com a solução e que somente os íons de H, existentes nessa solução, reagissem com o mesmo (admitindo 20% de umidade nesse cálculo). Considerando o mesmo solo com um pH igual a 5, $1/5$ de uma libra (90g) seriam adequados; e, se o pH fosse 4, duas libras (900 g) seriam mais que suficientes (Brady, 1983). Fica assim evidenciado que a acidez ativa é irrisória, mesmo no seu máximo.

Já que a recomendação de calagem é em termos de toneladas por hectare, conclui-se que o agente neutralizador é aplicado em quantidades centenas de vezes acima da acidez ativa. O que significa que os íons de H e Al adsorvidos se movimentam para a solução do solo quando a concentração dos íons H diminui. A acidez de reserva deverá ser então diminuída antes que haja modificação apreciável no pH da solução do solo.

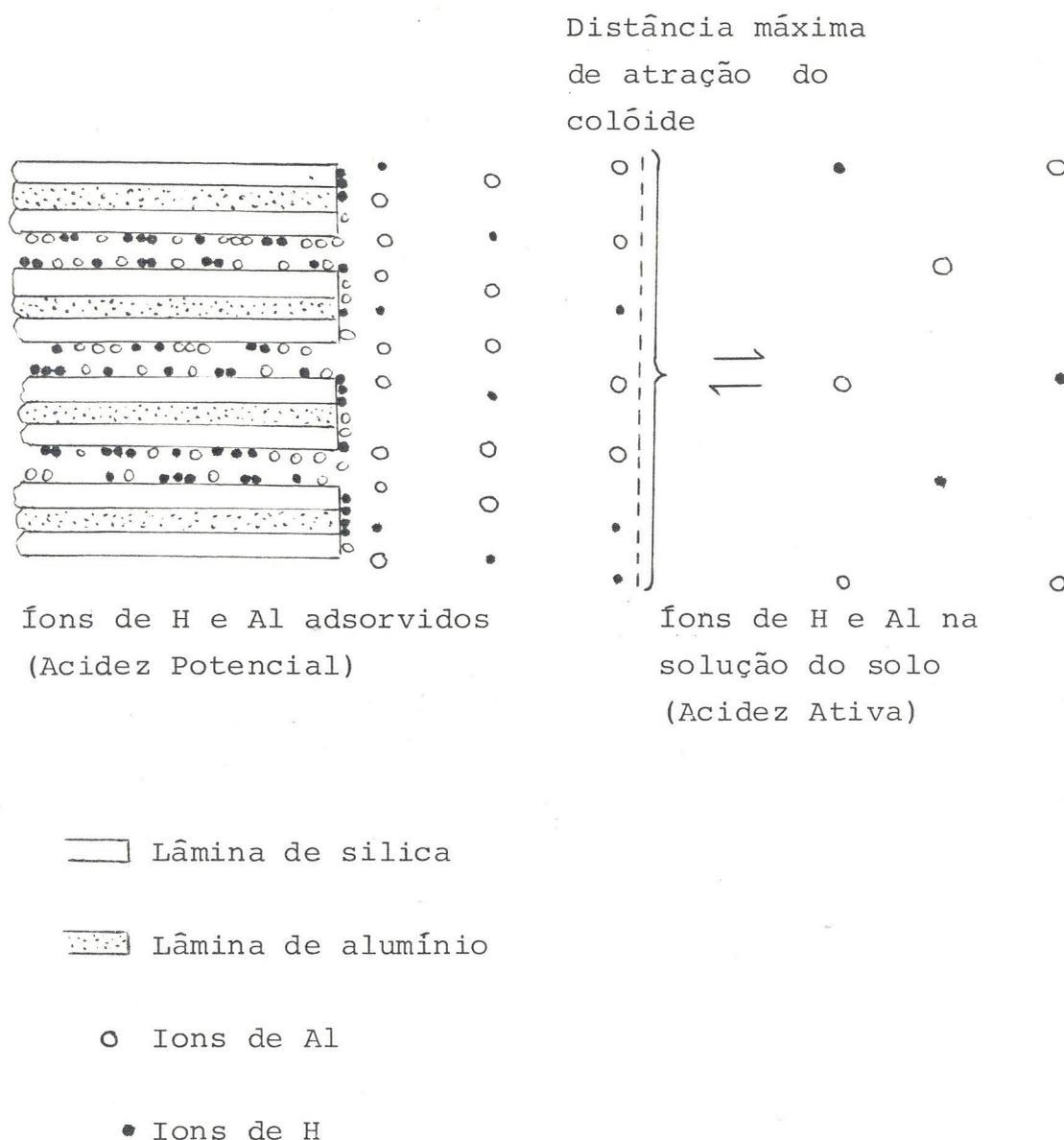


Fig. 5. Relação de equilíbrio entre acidez ativa e acidez potencial (Brady, 1983).

3.3.3. Poder tampão dos solos.

A resistência que o solo oferece à modificação do pH é conhecida como poder tampão ou "buffering", e pode ser entendida com facilidade desde que se considere o equilíbrio existente entre a acidez ativa e a potencial. Segundo Brady (1983), a remoção de íons H da solução do solo resultará no seu total re^u complemento a partir da acidez potencial. Como já foi mencionado anteriormente, é o "equilíbrio dinâmico" que ocorre no solo.

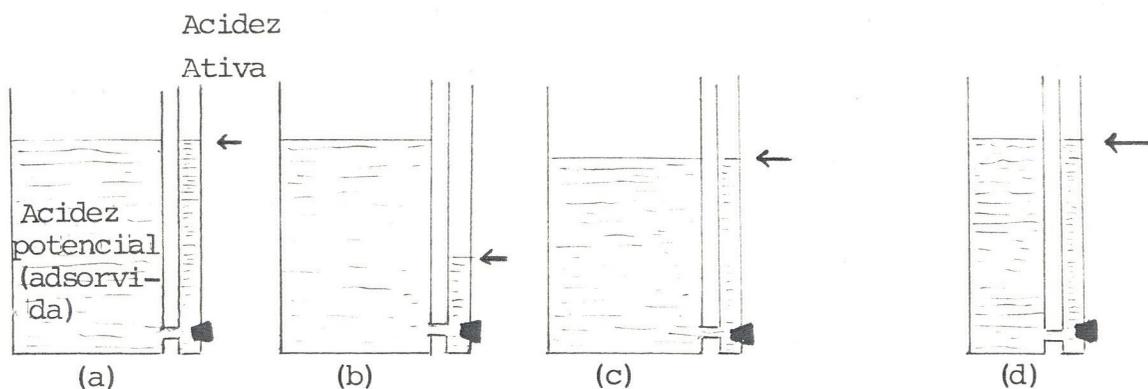


Fig. 6. Ação de tamponamento de um solo comparada a um recipiente. (a) a acidez ativa, no tubo externo se mostra bem menor que o potencial; (b) quando são removidos os íons de H, essa acidez ativa cai rapidamente; (c) a acidez ativa é prontamente restabelecida quase atingindo seu nível original pela movimentação da acidez potencial ou adsorvida. Há por esse processo consideráveis resistências às variações na acidez ativa. Um segundo solo com mesmo nível de acidez ativa (pH), porém dispondo de muito menor potencial, (d) terá uma capacidade de tamponamento muito menor.

Fonte: Brady, (1983).

A figura 6 ilustra de maneira bastante clara o poder tampão do solo. Os íons de H e Al bem como os cátions metálicos adsorvidos, não somente exercem controle no pH da solução do solo, como também determinam a quantidade de calcário ou de componentes ácidos para obtenção duma determinada variação no pH.

3.3.4. Influência do pH na disponibilidade de nutrientes no solo:

Sem sombra de dúvida, quando ocorre variação profunda no pH, ocorrem modificações radicais no ambiente do solo, especialmente na disponibilidade de nutrientes aos vegetais. E se este ambiente passasse por flutuações amplas, os vegetais superiores e microrganismos ressentir-se-iam, antes que pudessem fazer as necessárias adaptações (Brady, 1983). Seriam não só afetados diretamente pela mudança na concentração de íons H, como tam

bém influenciados indiretamente pelas quantidades insatisfatórias de elementos nutrientes. A estabilização do pH do solo, mediante tamponamento, parece ser providência eficaz contra estas dificuldades.

Todos os elementos nutrientes encontrados no solo são influenciados pelo pH, e se apresentam em maior ou menor disponibilidade de acordo com a variação do pH do solo, conforme pode ser visualizado na figura 7.

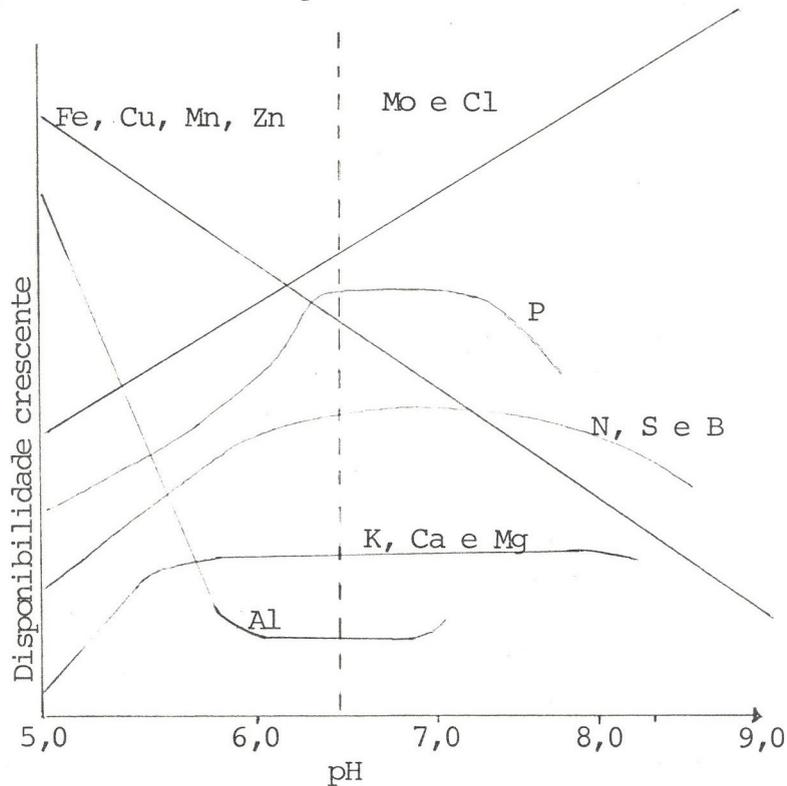


Fig. 7. Relação entre pH e disponibilidade de elementos no solo.
Fonte: Malavolta (1980).

Verifica-se então que na faixa de pH 6,0-6,5 (ou pouco mais) há condições favoráveis para as culturas; já que a disponibilidade dos nutrientes nessa faixa é maior, bem como é o pH favorável para a maioria das culturas.

A calagem é uma prática que leva a um aumento no pH do solo com o que ocorreu variações na composição da solução do solo, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Mudanças nas características do extrato do solo provocados pela calagem.

Características	- Calagem	+ Calagem
pH	4,0	5,0
Ca ⁺² e mg/L	1,0	6,0
Mg ⁺² e mg/L	1,4	0,7
K ⁺ e mg/L	0,4	0,1
Fe ⁺³ ppm	0,1	0,1
Al ⁺³ ppm	6,4	0,2
Mn ⁺³ ppm	16,0	8,0

Fonte: Malavolta (1980).

A figura 8 também ilustra a influência do pH na disponibilidade de P nos solos. O P, que nas condições de solos tropicais é muita vezes grande problema, quando bem manejado pode deixar de ser fator tão limitante.

O efeito da calagem no desenvolvimento das plantas, muitas vezes é múltiplo através de sua influência sobre diferentes características dos solos. Segundo Fassbender (1980), sob condições experimentais estritamente controladas se pode esclarecer o efeito unilateral da calagem na produção vegetal.

A calagem exerce então efeitos sobre:

- as propriedades físicas do solo = melhor agregação de partículas e estruturas, melhores condições de aeração e movimento de água;
- propriedades químicas = aumento da concentração de íons OH em detrimento de íons de H da solução do solo, diminuição da toxicidade de Al, Mn e Fe, regula a disponibilidade de P e Mo, aumenta a disponibilidade de Ca e Mg, aumenta a porcentagem de saturação de bases.
- efeitos biológicos = melhora as condições de desenvolvimento de microrganismos, especialmente bactérias ($\text{pH} > 5,5$); aumenta a mineralização da matéria orgânica, melhora os processos de nitrificação, amonificação e fixação do nitrogênio.

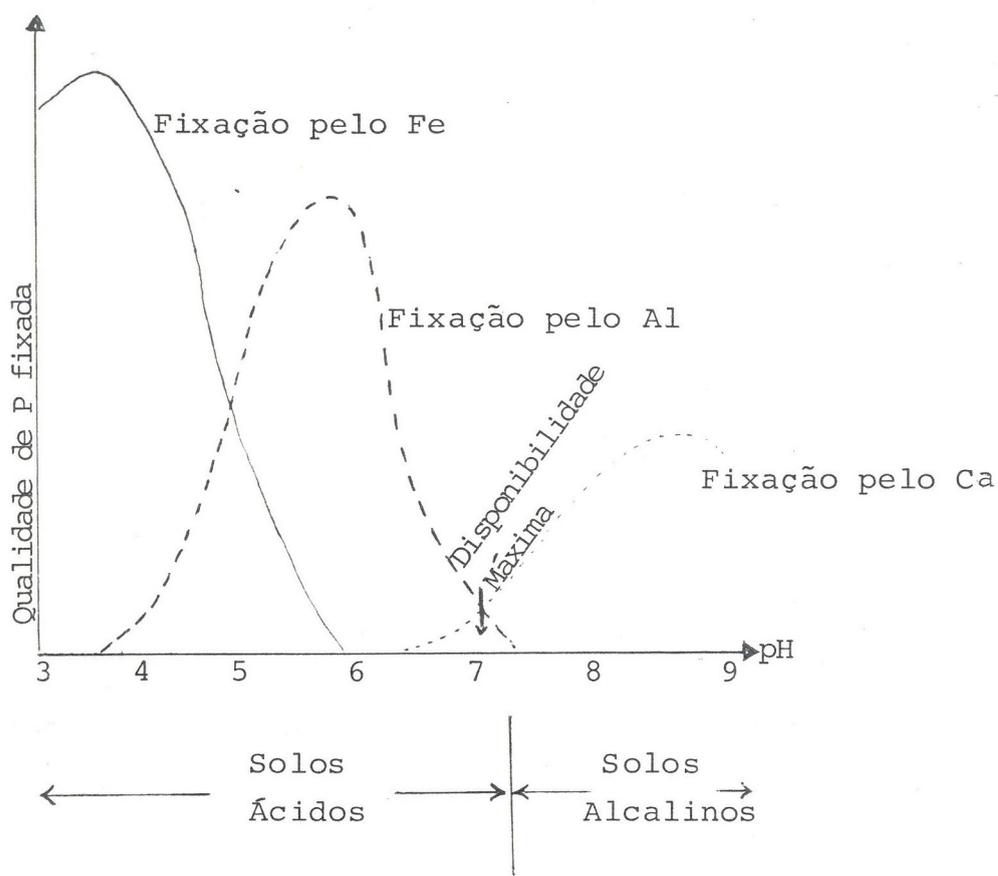


Fig. 8. Influência do pH na disponibilidade de fósforo.
Fonte: Malavolta (1980).

Dessa forma, considerando-se a melhora das propriedades do solo e de acordo com as necessidades das plantas em elementos nutritivos e condições de pH, com uma calagem racional consegue-se, geralmente, melhores produtividades.

4. O pH E AS PLANTAS

Sem dúvida, há uma grande variabilidade da adaptação das plantas ao pH do solo. Entretanto a maioria das culturas comerciais são melhores adaptadas a um solo com pH entre 5,0 e 6,5. E algumas culturas são tão sensíveis a mudanças de pH, que podem ter suas produtividades totalmente anuladas, quando o pH da solução do solo não for adequado.

A figura 9 dá uma visão geral das faixas de pH de algumas culturas.

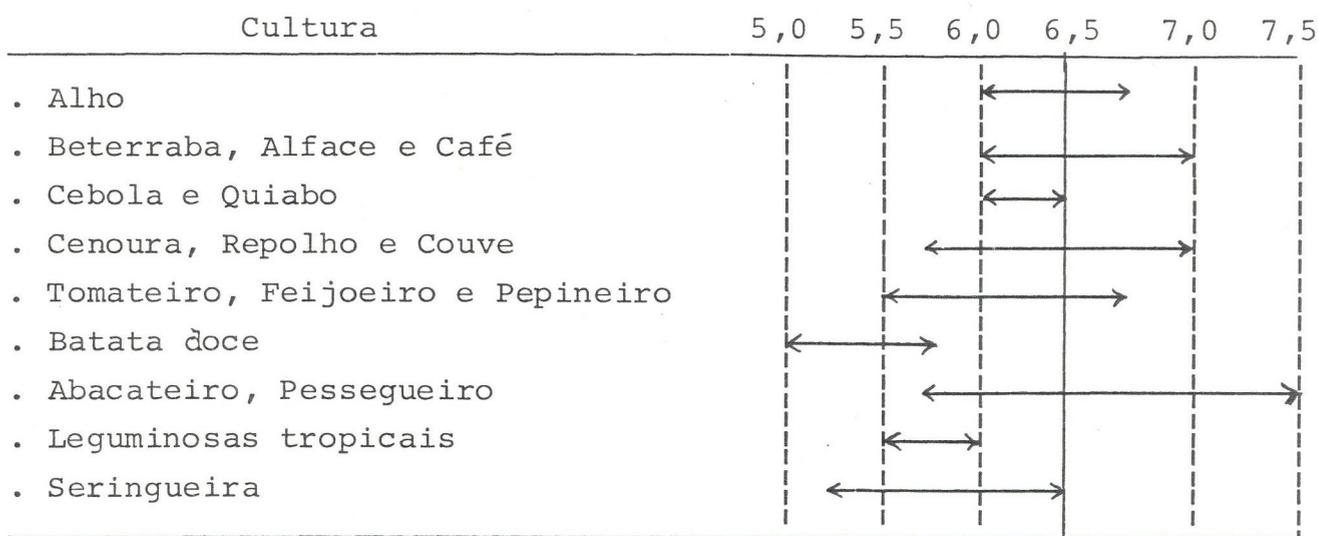


Fig. 9 - Faixas de pH do solo mais adequada para as culturas.

Fonte: Malavolta (1980).

5. ADUBAÇÃO DAS HORTALIÇAS

As culturas, além do pH adequado, exigem certas quantidades dos nutrientes essenciais para que seu desenvolvimento seja adequado. Esses nutrientes, se não forem disponíveis no solo deverão ser então aplicados na forma de adubos que poderão ser obtidos de várias fontes (quer minerais ou orgânicos).

A adubação de hortaliças apresenta alguns aspectos inconfundíveis, exige muito maior conhecimento técnico, da parte do agrônomo e do olericultor, do que quando se trata de adubar grandes culturas de campo. Considerações sobre alguns destes aspectos peculiares, que um programa de adubação deve considerar são a seguir relacionados, segundo Filgueira (1972).

- Adubação de hortaliças é muito mais pesada do que a utilizada para outras culturas. Tanto os agrônomos como os olericultores consideram o solo como um mero suporte físico, que pouco pode contribuir para atender as altas exigências, das hortaliças. Esta filosofia de adubação, combatida por alguns autores, funciona muito bem na prática, tanto do ponto de vista técnico como econômico.
- Os custos de produção, em se tratando de hortaliças, são muito mais altos do que em outras culturas, e a adubação tem me

nor influência no custo total, porque há outros itens igualmente onerosos, como a mão de obra. Pelo que se tem observado há uma verdade fundamental, no negócio olerícola: o maior lucro, por hectare, geralmente coincide com a obtenção do máximo, tanto em produtividade como na qualidade do produto. O alto valor unitário dos produtos costuma compensar os acréscimos devido às dosagens de adubos.

- c) A olericultura é uma atividade agrícola de caráter muito mais intensivo, em relação aos outros tipos de culturas, havendo duas a quatro culturas, por hectare, por ano, geralmente. Devido a essa intensidade de cultivo e por serem as hortaliças culturas com maiores exigências específicas de nutrientes, cada hectare sofre uma retirada anual de nutrientes muito maior, com a olericultura. Por essa razão o solo pode ser considerado um mero suporte físico, um substrato para a fixação de raízes, sendo a quase totalidade dos nutrientes necessários, fornecida pelas adubações químicas e orgânicas. Pode chegar a um ponto em que a adubação passa de complemento da fertilidade do solo, a única fonte de nutriente disponível.
- d) A resposta à adubação pesada é muito mais acentuada, em produção de hortaliças, do que quando se cultivam outras culturas. Tal resposta se refere, não apenas ao espetacular aumento de produtividade, por planta e por unidade de área cultivada, como também, no aprimoramento da qualidade, do produto obtido. A obtenção de tais respostas pode ser devida à grande capacidade que as hortaliças têm, de reagir à boa nutrição, devido ao potencial genético das variedades cultivadas.
- e) Finalmente, um programa de adubação de hortaliças deve considerar que, é muito mais importante para o olericultor, adubar a planta do que adubar o solo. Assim é que, enquanto no cultivo de cereais, o agricultor pode orientar a adubação, no sentido de elevar o nível de fertilidade do solo, o agricultor deve preocupar-se com as exigências específicas das hortaliças que vai cultivar. Isto devido ao fato de serem muito grandes as exigências nutritivas das espécies olerícolas, e haver grande diversidade entre as exigências específicas de ca

da uma delas. Naturalmente que uma adubação química pesada tem seu efeito residual prolongado por várias safras, podendo beneficiar várias hortaliças distintas, cultivadas de acordo com um plano de rotação. Não tendo sido detectado prejuízo de um efeito residual da adubação de uma cultura, para uma cultura subsequente.

A adubação feita no plantio é a mais importante para a maioria das hortaliças, e para algumas delas é a única que é feita, como no caso da batatinha. No entanto, é muito difícil de se fornecer "receitas de adubação", as adubações deverão ser baseadas nas exigências de cada cultura e nas análises de solo. Porém, com base em resultados de pesquisas, algumas recomendações podem ser feitas segundo Camargo (1981) e Nunes (1983), como se guem:

5.1. CULTURA DO ALHO:

O alho (*Allium sativum* L.) é cultivado desde a mais remota antiguidade, sendo conhecido por suas propriedades medicinais e é muito apreciado como condimento.

A adubação para o alho, baseando-se no resultado de análise de solo, deve ser a seguinte:

-Adubação mineral (kg/ha de P_2O_5 e K_2O) em função dos teores de P e K revelados pela análise.

P (ppm)	K (ppm)		
	0-70	71-240	241 +
	----- P_2O_5 - K_2O (kg/ha)-----		
0 - 7	500-150	500-120	500-90
8 - 30	400-150	400-120	400-90
31+	300-150	300-120	300-90

*OBS: a) Aplicar P e K ao solo 8 a 10 dias antes do plantio, a crescidos de 15 kg/ha de bórax + 60 kg/ha de sulfato de zinco) + 200 kg/ha de sulfato de magnésio.

b) Aplicar 30 kg N/ha no plantio e 60 kg/ha em cobertura (30 dias após germinação).

-Adubação orgânica: (t/ha de adubo orgânico - esterco de curral) em função do teor de M.O. revelado pela análise do solo.

Matéria Orgânica	Adubo Orgânico
-----%-----	----- t/ha -----
Até 1,2	100
1,3 - 2,4	80
2,5 +	60

*OBS. a) O adubo orgânico deve ser aplicado em mistura com o mineral antes do transplante ou semeadura.

b) O esterco de galinha pode ser usado na quarta parte do adubo orgânico recomendado.

Para hortas muito pequenas, e para regiões onde for muito difícil mandar analisar o solo, e para solos de média fertilidade, incorporar por metro quadrado:

Aubos -----	g/m ²
Esterco de curral curtido-----	8.000
Superfosfato simples (20%P ₂ O ₅)-----	200
Cloreto de potássio (60%K ₂ O)-----	20
Sulfato de amônio (20%N)-----	30
Bórax-----	3

O sulfato de amônio pode ser substituído pelo nitrato de cálcio (20%N), ou pelo Salitre do Chile (15%), levando-se em conta os teores de N de cada adubo. Em duas aplicações (30 e 60 dias após germinação).

Os demais adubos devem ser incorporados ao solo, 8 a 10 dias antes do plantio.

O esterco de curral curtido pode ser substituído por outros adubos orgânicos: farinha de torta de mamona previamente fermentada, ou aplicada com um mês de antecedência da plantação, em quantidade equivalente a 1/10 da recomendada para o esterco de curral. Esterco de galinha fermentado, em dose correspondente a 1/3 da recomendação de esterco de curral.

5.2. CULTURA DA BETERRABA E CENOURA:

A beterraba (*Beta vulgaris* L.) é nativa da Europa, norte da África e oeste da Ásia. É bastante cultivada em países de clima temperado. No Brasil é mais cultivada nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Estados sulinos. Os meses mais frescos do ano são os preferidos para seu cultivo.

A cenoura (*Daucus carota* L. var. *sativus* (Hoffru.) Thell.) é originária da Europa e Ásia. Entre as hortaliças cujas raízes são consumidas, é a de maior valor. É extensamente cultivada, especialmente nos países de clima temperado. Depois da segunda guerra mundial, a cultura dessa hortaliça se expandiu, e em alguns países tornou-se popular. No Brasil é mais cultivada nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

A adubação de acordo com a análise de solo pode ser:

-Adubação mineral: (kg/ha de P_2O_5 e K_2O) em função dos teores P e K revelados pela análise.

K (ppm)	K (ppm)		
	0 - 70	71 - 240	240+
	----- P_2O_5 - K_2O (kg/ha) -----		
0 - 7	400-240	400-180	400-120
8 - 30	300-240	300-180	300-120
31+	200-240	200-180	200-120

*OBS. a) P e K devem ser incorporados ao solo, 10 a 15 dias antes da sementeira, acrescidos de 20kg de N/ha.

b) Aplicar 80kg de N/ha, em cobertura, aos 20 e 50 dias após a germinação, metade da dose por vez.

-Adubação orgânica: (t/ha de adubo orgânico) em função do teor de M.O. revelado pela análise.

Matéria Orgânica	Esterco curtido de curral
-----%-----	----- t/ha -----
Até 1,2	60
1,3 - 2,4	50
2,5+	40

*OBS: a) O adubo orgânico será aplicado em mistura com o adubo mineral.

b) Do esterco de galinha previamente fermentado, pode ser usada a quarta parte do adubo recomendado.

Para hortas pequenas, onde é difícil mandar analisar o solo, e, para terras de média fertilidade, aplicar por metro quadrado:

Aubos-----	g/m ²
Esterco curtido de curral-----	5.000
Superfosfato simples (20% P ₂ O ₅)-----	300
Cloreto de potássio (60%K ₂ O)-----	30
Sulfato de amônio (20% N)-----	50

O sulfato de amônio e cloreto de potássio devem ser aplicados em cobertura logo após o desbaste, 30 dias após germinação, e aos 50 dias (metade por vez).

Os demais adubos devem ser incorporados ao solo, 8 a 10 dias antes do plantio.

O esterco de curral curtido pode ser substituído por outros adubos orgânicos, como já foi explicado anteriormente.

5.3. CULTURA DA CEBOLA:

A cebola (*Allium cepa* L.) é originária da parte en doeste da Ásia, de onde foi levada para a Europa e daí trazida ao Brasil pelos colonizadores portugueses.

Baseando no resultado da análise de solo, a adubação deve ser a seguinte:

-Adubação mineral: (kg/ha de N, P₂O₅) em função dos teores de P e K revelados pela análise.

P (ppm)	K (ppm)			
	0 - 45	46 - 90	91 - 136	136+
	-----N-P ₂ O ₅ - K ₂ O (kg/ha)-----			
0 - 10	60-12-120	60-120-60	60-120-30	60-12-0
11 - 20	60-90-120	60- 90-60	60- 90-30	60-90-0
21 - 30	60-30-120	60- 60-60	60- 60-60	60-60-0
31+	60-30-120	60- 30-60	60- 30-30	60-30-0

*OBS: Aplicação de N deverá ser dividida em três partes. No transplante aplica-se 1/3 do nitrogênio, juntamente com o P e metade do K. Aos 20 dias após transplante aplicar 1/3 do N e a outra metade do K. E aos 35 dias após transplante aplica-se o restante do N.

Para hortas pequenas onde for difícil mandar amostra de solo para analisar, e, para solos de média fertilidade, aplicar por m² o seguinte:

Adbos-----	g/m ²
Esterco curtido de curral-----	300
Sulfato de amônio (20%N)-----	10
Superfosfato simples (20% P ₂ O ₅)-----	60
Cloreto de potássio (60%K ₂ O)-----	8

Cerca de 8 a 10 dias antes do transplante das mudas incorporar esses adubos nos sulcos, com exceção do sulfato de amônio, que deverá ser aplicado em cobertura aos 30 a 45 dias após o transplante, usando metade da dose em cada aplicação. O sulfato de amônio pode ser substituído pelo nitrocálcio (20% N), ou pelo Salitre do Chile (15% de N), levando-se em consideração os teores de N.

O esterco de curral curtido poderá ser substituído por outros adubos orgânicos como já foi explicado.

5.4. CULTURA DO REPOLHO:

O repolho (*Brassica oleracea* L.) é uma planta indígena da Europa, ou mais provavelmente da Ásia Ocidental, e é nestes continentes cultivada desde a mais remota antiguidade. Per

tence ao grupo das couves, isto é, a família botânica das crucíferas, em virtude de ter as pétalas florais dispostas em forma de cruz.

Com base no resultado da análise de solo a adubação deverá ser a seguinte:

-Adubação mineral: (g/planta, de P_2O_5 e K_2O) em função dos teores de P e K revelados pela análise.

P (ppm)	K (ppm)		
	0 - 70	70 - 240	241+
	----- P_2O_5 - K_2O (kg/ha)-----		
0 - 7	40-15	40-12	40-9
8 - 15	30-15	30-12	30-9
16+	20-15	20-12	20-9

- *OBS: a) Aplicar P e K, 8 a 10 dias antes do plantio, acrescidos de 3gN/planta.
- b) Aplicar 12g de N/planta, em cobertura, uma quarta parte por vez.
- c) Micronutrientes: - acrescentar boro na mistura de adubos no plantio, na base de 3 g de bórax/planta.
- d) Aplicar Mo, em pulverização, 15 dias após o transplante, utilizando 2g Molibidato de sódio/10 L de água, juntando um espalhante adesivo porque as folhas são muito cerosas.

-Adubação orgânica: (kg/planta de adubo orgânico) em função do teor de matéria orgânica revelado pela análise.

Matéria Orgânica	Esterco de curral curtido
-----%-----	-----kg/planta-----
Até 1,2	2,5
1,3 - 2,4	2,0
2,5 +	1,5

*OBS: a) O adubo orgânico será aplicado em mistura com o adubo mineral, antes do plantio.

b) Do esterco de galinha previamente fermentado, poderá ser usado 1/4 da dose recomendada.

Para hortas pequenas, e, onde for difícil mandar amostras para analisar, para solos de média fertilidade, aplicar por planta o seguinte:

Adubos-----	g/planta
Esterco curtido de curral-----	2.000
Sulfato de amônio (20%N)-----	60
Superfostado simples (20% P ₂ O ₅)-----	150
Cloreto de potássio (60% K ₂ O)-----	20
Bórax -----	3

Incorporar esses adubos na cova, 8 a 10 dias antes do plantio, com excessão do sulfato de amônio que deve ser aplicado em cobertura aos 15, 30, 45 e 60 dias após o plantio, um quarto da quantidade recomendada por vez.

A aplicação do Mo deve ser feita como foi explicada antes.

O esterco de curral curtido pode ser substituído por outros adubos orgânicos, como já foi explicado.

5.5. CULTURA DO TOMATEIRO:

O tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill. var. *comune* Bailey.), teve sua produção aumentada; as indústrias aumentaram sua capacidade e outras novas foram instaladas em novas regiões.

Baseando no resultado de análise da amostra de solo fazer a adubação seguinte:

-Adubação mineral: (g/planta de P_2O_5 e K_2O) em função dos teores de P e K revelados pela análise.

P (ppm)	K (ppm)		
	0-70	71-240	240+
	----- P_2O_5 - K_2O (g/planta) -----		
0 - 7	70-15	70-12	70-9
8 - 15	60-15	60-12	60-9
16+	50-15	50-12	50-9

- *OBS: a) Aplicar P e K no sulco de plantio, 8 a 10 dias antes do transplante das mudas, acrescidas de 2g de N/planta.
 b) Aplicar 16g de N/planta em cobertura aos 15, 30, 45, 60 dias após o plantio, colocando 1/4 da dose por vez.

-Adubação orgânica: (kg/planta, de adubo orgânico) em função do teor de matéria orgânica revelado pela análise.

Matéria Orgânica	Esterco de curral curtido
----- % -----	----- kg/planta -----
Até 1,2	2,0
1,3 - 2,4	1,5
2,5+	1,2

- *OBS: a) O adubo orgânico deve ser aplicado em mistura com o adubo mineral, antes do plantio.
 b) O esterco de curral pode ser substituído pela farinha de torta de mamona previamente fermentada, ou aplicada com um mês de antecedência da plantação, em quantidade equivalente a 1/10 da recomendada para esterco de curral. Pode ser substituído pelo esterco de galinha na dose 1/3 da recomendada para o esterco de curral.

Nas hortas pequenas, e em regiões onde for difícil mandar analisar o solo, e, para solos de média fertilidade, aplicar por planta, o seguinte:

Açubos -----	g/planta
Esterco curtido de curral-----	1.500
Sulfato de amônio (20% N) -----	80
Superfosfato simples (20% P ₂ O ₅)-----	300
Cloreto de potássio (60% K ₂ O)-----	20

O sulfato de amônio, pode ser substituído pelo nitro cálcio (20% N), pelo Salitre do Chile (15% N) ou pela uréia (46% N), levando em consideração os diferentes teores de N. Esses adu bos devem ser aplicados em cobertura, em 4 vezes, aos 15, 30, 45 e 60 dias após plantação, um quarto em cada aplicação.

Os demais adubos deverão ser incorporados ao solo, 8 a 10 dias antes do plantio.

O esterco curtido pode ser substituído por outros adubos orgânicos, conforme anteriormente mencionado.

6. ALGUNS ASPECTOS RELEVANTES

Apesar de haver uma certa dificuldade em se dar re- ceitas de adubação, quando na impossibilidade de se recomendar, a mesma, com base nos resultados da análise de solo e exigências da cultura, parte-se então para indicações mais ou menos padroniza- das que são baseadas em longos anos de experiências e pesquisa.

Um outro ponto que deve ser considerado é quanto ao pH do solo em relação a aplicação de nutrientes através de aduba ções pesadas, como são as requeridas na olericultura, conforme já foi anteriormente mencionado. O pH vai atuar de forma marcan- te na dissolução dos adubos bem como na retenção dos mesmos no solo. Só para exemplificar; quando não se faz calagem, onde é e levado o teor de Al no solo, quando da aplicação de adubos fos- fatados solúveis em água, ocorrerá uma grande fixação do P pelo Al. Por outro lado, uma adubação potássica pesada pode levar à grandes perdas de K por lixiviação, se a precipitação por eleva da e se houver predominância de minerais, como a caulinita (1:1). Uma calagem bem dosada, aumentaria a CTC do solo, favorecendo sua adsorção as argilas, dentro de limites.

A adubação orgânica é altamente benéfica tanto pelos efeitos físicos quanto químicos que promove nos solos. Entretanto,

aquela idéia de que a adubação mineral intoxica os produtos agrícolas, é sem fundamento; pois já foi constatado que a planta absorve todos os nutrientes na forma mineral; e, quando são oriundos da M.O, antes de serem absorvidos, passam por um processo de mineralização. A combinação dos dois tipos de adubo é que seria ideal, principalmente se for levado em conta a pobreza dos nossos solos em micronutrientes; já que a M.O. é fonte de Zn, Cu e B, etc.

A necessidade de nutrientes pelas culturas é, as vezes, tão acentuada, que pode ser diagnosticada visualmente. Com um pouco de prática esses sintomas de deficiências podem ser utilizados como excelentes ferramentas na diagnose visual das culturas.

6.1. SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS DAS CULTURAS:

6.1.1. Cultura do tomateiro:

NITROGÊNIO: Transloca da parte aérea para os frutos, então as folhas mais velhas amarelecem e as folhas mais novas bem como os ponteiros ficam afilados. À medida que acentua a deficiência há paralização do desenvolvimento das raízes.

Excesso: provoca crescimento exagerado no caule e folhas, de modo que a planta fica predisposta a falta d'água e ao ataque de doenças. Pode provocar ainda: frutos ôcos; ombro verde; deficiência de Ca; atraso da maturação.

FÓSFORO: É translocado na planta, provocando principalmente nas folhas mais velhas, uma coloração arroxeadada do lado dorsal das folhas. A deficiência reduz ainda a floração e frutificação, e quando frutifica os frutos são de menor tamanho.

POTÁSSIO: Ocorre amarelecimento e secamento das margens dos folíolos, e uma coloração desuniforme dos frutos.

MAGNÉSIO: Amarelecimento entre nervuras das folhas mais velhas; além destas ficarem quebradiças com tendência a se curvar para cima. O sintoma é conhecido como "amarelo baixeiro" porque o Mg é rapidamente translocado fora as folhas mais novas. A correção preventiva pode ser feita com o uso de calcário delomítico; ou então, após instalado, pulverizando com sulfato de magnésio (10-20g/L de 15 em 15 dias) em 2 ou 3 aplicações.

CÁLCIO: Causa a "podridão apical", ou "podridão estilar dos frutos", ou "bunda preta" como é conhecida na Zona da Mata. É a formação de uma crosta preta e ressecada no ápice dos frutos (pode ser causada também pelo excesso de sais solúveis junto às raízes das plantas e/ou por deficiência da irrigação). Pode ser corrigida com uma calagem bem feita; parcelamento da adubação de N e K e irrigação correta. Depois da cultura instalada a deficiência pode ser corrigida pulverizando com cloreto de cálcio, na base de 5 a 6 g/L até que desapareça a deficiência.

BORO: Pode causar o "lôculo aberto", que são reentrâncias que chegam a expor a placenta dos frutos. Pode ser corrigida através de pulverizações com bórax na base de 2 a 2,5 g/L, uma vez por semana até que desapareçam os sintomas.

6.1.2. Cultura da cebola:

Os sintomas de deficiência serão descritos segundo Haag, H.P.; Homa, P. & Kimoto, T. (1981).

NITROGÊNIO: Diminuição do ritmo de crescimento com uma descoloração da cor verde intensa para verde pálida nas folhas. Após isso, ocorre amarelecimento das folhas mais ve

lhas que terminam secando e depois caindo. As poucas folhas novas mostram-se finas e delicadas. Ocorre também diminuição do tamanho dos bulbos.

CÁLCIO: Tombamento repentino das folhas mais novas sem haver fraturamento, com posterior secagem do ápice para a base, adquirindo cor palha. Aumentando a carência, o sintoma aparece nas folhas intermediárias e posteriormente nas folhas mais velhas.

FÓSFORO: Folhas mais velhas inicialmente amareladas secando logo em seguida. Folhas intermediárias e mais novas com coloração verde escura, textura fina e formato pequeno. Bulbos de tamanho reduzido. Ocorrência de pescoço duro, além de aumentar o ciclo.

POTÁSSIO: Desenvolvimento do bulbo é menor, além de ocorrer amarelecimento e seca nas pontas das folhas mais velhas.

MAGNÉSIO: Apenas menor desenvolvimento dos bulbos, e secamento do ápice das folhas.

BORO: Tem se verificado sua importância em alguns solos; levando a uma menor capacidade de armazenamento.

6.1.3. Cultura da cenoura:

Os sintomas de deficiência serão descritos conforme Haag, H.P. & Homa, P. (1981).

NITROGÊNIO: Crescimento reduzido. Folhas mais velhas amareladas inicialmente, tornando-se de coloração avermelhada com o progredir da carência.

FÓSFORO: Primeiros sintomas aparecem nas folhas mais baixas ou velhas que mostram-se escurecidas, de coloração castanho arroxeado, principalmente os folíolos da base. O escurecimento caminha até atingir o pecíolo, quando as

folhas amarelecem e caem. Folhas mais novas com folíolos de cor verde mais escura que o normal.

POTÁSSIO: Leve enrolamento dos folíolos das folhas mais velhas.

CÁLCIO: Folhas mais novas engruvinhadas e crescimento paralizado. Bordos dos folíolos das folhas mais novas de cor amarelo pardo terminando por se necrosarem. O processo necrótico atinge os pecíolos, acabando por tombar as folhas.

Folhas mais velhas, que se formarem nos primeiros 35 dias se apresentam de aspecto normal.

MAGNÉSIO: Folíolos das folhas mais velhas se apresentam amarelados nas pontas continuando verdes na região do limbo. O amarelecimento caminha no sentido do limbo, tomando toda área. Só o pecíolo continua verde. Folíolos atingidos secam, causando a queda da folha. Os sintomas podem atingir as folhas intermediárias; sendo que as folhas mais novas apresentam-se de aspecto normal.

ENXOFRE: Folhas mais novas com coloração verde limão. Folíolos delicados e finos. Síntomas caminham para as folhas intermediárias sem contudo atingir as folhas mais velhas.

6.1.4. Cultura do alho:

NITROGÊNIO: Amarelecimento das folhas da ponta para a base tendendo ser da nervura central para os bordos, além de diminuir desenvolvimento da parte aérea.

Excesso: provoca o superbrotamento (daí cobertura no máximo até 50 dias).

FÓSFORO: Diminui o desenvolvimento da planta, principalmente das raízes. Provoca um amarelamento da ponta para a base.

POTÁSSIO: Clorose generalizada por toda folha com tendência de começar nos bordos caminhando para o centro.

CÁLCIO: Folha dobra no terço médio superior e causa uma necrose na ponta da folha.

BORO: Paraliza o desenvolvimento (absorção dos outros nutrientes ligados a absorção de B). Normalmente há tendência da folha abrir causando uma trinca no sentido longitudinal. Provoca ainda o chochimento e menor conservação do bulbo.

6.1.5. Cultura do repolho:

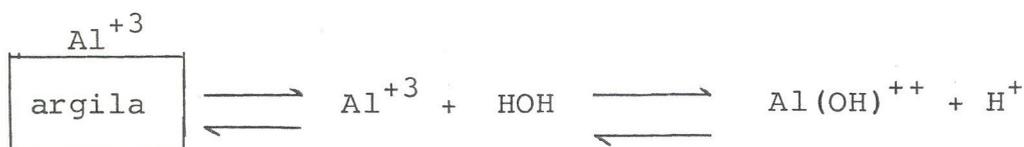
BORO: Cabeças produzidas são menores e frouxas; sendo que a parte central correspondente à medula do caule, apresenta espaços vazios e escurecidos; é o "caule oco".

MOLIBIDÊNIO: Folha recortada com grande diminuição da área foliar. Causa o "rabo de chicote".

6.2. RESPOSTA À CALAGEM

Os solos ácidos são corrigidos com respeito à calagem com o propósito de neutralizar. a) neutralizar o Al e o H trocáveis e, b) suprir os solos de Ca e Mg.

Quando, no solo, o Al trocável é deslocado do complexo sortivo, ele hidrolisa na solução do solo para formar hidróxido parcial de Al e H^+ , como indicado no esquema seguinte:



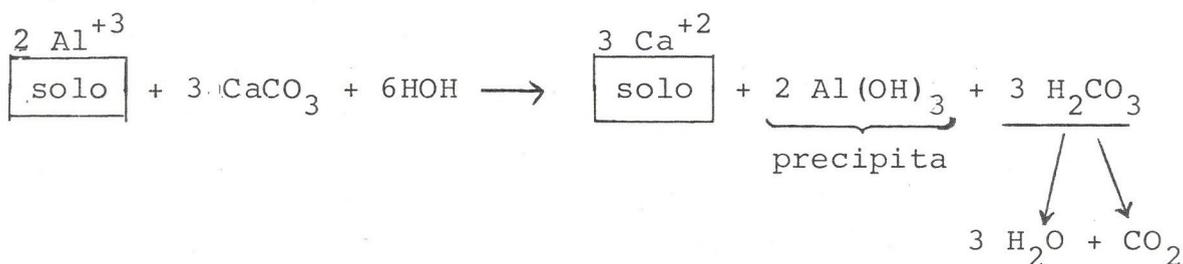
com a elevação do pH da solução do solo, a hidrólise continua até formar $\text{Al}(\text{OH})_3$.

A adição de CaCO_3 na água resulta a seguinte reação:

$$\text{CaCO}_3 + \text{HOH} \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} + \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$$

Ao se adicionar calcário a um solo ácido, o H^+ resultante da hidrólise do Al reage com o OH^- formando água.

A reação geral de neutralização de um solo ácido com calcário pode ser representado como segue:



6.3. RECOMENDAÇÃO DE DOSE DE CALCÁRIO

São vários os métodos de recomendação de calcário. Entretanto vamos dar um exemplo de dose de calcário a aplicar de acordo com Malavolta (1984). Segundo esse autor, há quase 30 anos o Instituto Agrônomo de Campinas desenvolveu um método para determinar a necessidade de calcário que, corretamente, procurava e levar o pH a 6,0 - 6,5 e, ao mesmo tempo, conseguir um grau adequado de saturação em bases no solo. Entretanto, só agora esse método modificado é colocado no uso de rotina. O critério empregado é o de elevar o grau de saturação de bases (V%).

A saturação em bases, valor V, corresponde a participação percentual do $\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg} (+\text{Na}) = \text{S}$ no valor T, ou seja,

$$V = \frac{\text{S}}{\text{T}} \times 100$$

onde: $T = S + H + Al$

$$S = K + Ca + Mg (+Na)$$

O exemplo seguinte, mostra como se faz o cálculo. A análise da terra mostrou que o solo tem:

pH	-	5,2
C%	-	1,56
PO ₄ ⁻³	-	0,03 e mg/100g
K ⁺	-	0,27 e mg/100g
Ca ⁺⁺	-	0,40 e mg/100g
Mg ⁺⁺	-	0,20 e mg/100g
Al ⁺⁺	-	0,40 e mg/100g
H ⁺	-	5,50 e mg/100g

O valor T será:

$$T = 0,27 + 0,40 + 0,20 + 0,40 + 5,50 = 6,77 \text{ e mg/100g}$$

O valor S é:

$$S = 0,27 + 0,40 + 0,20 = 0,87 \text{ e mg/100g}$$

e o índice de saturação, V é

$$V = \frac{0,87}{6,77} \times 100 = 13\%$$

supondo que a cultura exija um valor V igual a 70%, como no solo analisado V = 13%, segue-se que o calcário deverá fornecer Ca ou Mg suficientes para preencher 57% (70-13) dos sitios de troca. A quantidade a usar é dada pela

$$N.C. = \frac{(V_2 - V_1)T}{P.R.N.T} \times p. \quad \text{onde:}$$

N.C. = necessidade de calagem em t/ha

V₂ = saturação desejada, 70% no caso

V₁ = saturação existente, 13% no caso

T = soma de íons trocáveis

P.R.N.T = pela análise do calcário (80%)

p = fator dependente da profundidade

1 = 20cm de profundidade

1,5 = 30cm de profundidade

2 = 40cm de profundidade

Admitindo-se que se incorpore o calcário na profundidade de 30 cm e que se use um calcário com 80% de P.R.N.T.,

vem:

$$N.C. = \frac{(70 - 13) \times 6,8}{80} \times 1,5 = 7,3 \text{ t de calcário por hectare.}$$

"quando a dose de calcário a ser usada é muito grande, em geral maior que 5t/ha, surge as vezes o receio de que a mesma, se aplicada de uma só vez, poderá prejudicar a cultura. De fato, isso pode acontecer se o calcário por mal aplicado, sem a antecedência devida e sem incorporar. O critério que determina o parcelamento das doses pesadas em dois anos ou mais é apenas o valor do produto, transporte e distribuição, que sofrerá esse procedimento, para não onerar demasiadamente o custo de produção. Do contrário não é necessário parcelar". (Malavolta, 1984).

6.4. Cálculo de misturas

Supõe-se que queiramos a fórmula 4-16-8 usando os seguintes adubos:

- Sulfato de amônio = 20% N
- Sulfato triplo = 41% P_2O_5
- Cloreto de potássio = 60% K_2O

Para saber quantos quilos desses elementos são necessários usamos a seguinte fórmula:

$$W = \frac{A \times B}{C} \quad \text{onde,}$$

W = quilos de adubo a utilizar na mistura

A = quilos da mistura a preparar

B = % do elemento na mistura

C = % do elemento no adubo.

No caso de querermos preparar 1.000 quilos de mistura 4-16-8 com os adubos acima temos:

$$1. \text{ Para o N: } W = \frac{1.000 \times 4}{20} = 200 \text{ kg de sulfato de amônio}$$

$$2. \text{ Para o P: } W = \frac{1.000 \times 16}{41} = 390 \text{ kg de superfosfato triplo}$$

$$3. \text{ Para o K: } W = \frac{1.000 \times 8}{60} = 133 \text{ kg de cloreto de potássio}$$

200 kg + 390 kg + 133 kg = 723 kg

1.000 kg mistura - 723 kg adubos = 277 kg de enchimento que poderá ser gesso, calcário, turfa, etc.

É bom lembrar que numa formulação, por exemplo 4, -16, -8, significa que em 1.000 kg da mistura tem 40 kg de N; 160 kg de P_2O_5 e 80 kg de K_2O .

7. CONCLUSÕES

A nutrição e adubação das culturas estão altamente relacionadas. A melhor adubação para uma adequada nutrição é pois da responsabilidade dos técnicos que têm vivência e experiências locais.

A análise de solo, quando bem interpretada, é uma excelente ferramenta nas recomendações de doses adequadas de insumos.

O manejo adequado dos insumos agrícolas é a chave do excesso na olericultura que, por ser de alta intensidade, requer condições ótimas para o desenvolvimento adequado e retornos compensáveis.

8. LITERATURA CONSULTADA

BRADY, N.C. Natureza e propriedades dos solos. 6. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983. 647p.

CAMARGO, L.de S. As hortaliças e seu cultivo. Campinas, Fundação Cargill, 1981. 321p.

COELHO, F.S. Fertilidade do solo. 2 ed. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384p.

EPSTEIN, E. Nutrição mineral das plantas; princípios e perspectivas. São Paulo, Ed. de Universidade de São Paulo, 1975. 341p.

FASSBENDER, H.W. Química de suelos; con ênfasis em suelos de America Latina. San José, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 398p.

FILGUEIRA, F.A.R. Manual de Olericultura; cultura e comercialização das hortaliças. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1972. 451p.

- HAAG, H.P. & HOMA, P. Deficiências de macronutrientes em cenoura. In: HAAG, H.P. & MINAMI, K. Nutrição mineral em hortaliças. Campinas, Fundação Cargill, 1981. p. 301-12.
- HAAG, H.P., HOMA, P. & KIMITO, P. Deficiências de macronutrientes em cebola. In: HAAG, H.P. & MINAMI, K. Nutrição mineral em hortaliças. Campinas, Fundação Cargill, 1981, p-215 - 27.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. A prática da calagem. 3 ed. Piracicaba, ESALQ, 1984. 43p. (Boletim Técnico, 2).
- NUNES, M.U.C. Recomendações técnicas para o cultivo da cebola (*Allium cepa*, L.) no Estado do Acre. Rio Branco, EMBRAPA - UEPAE de Rio Branco, 1983. 20p. (EMBRAPA.UEPAE de Rio Branco. Circular Técnica, 8).
- RAIJ, B.V. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba, Instituto da Potassa e Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981. 142p.