



01685  
1980  
FL-PP-01685

I CURSO INTENSIVO SOBRE CULTURAS ALIMENTARES DO  
TRÓPICO ÚMIDO BRASILEIRO

"NOÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

Engº Agrº EMMANUEL DE SOUZA CRUZ  
EMBRAPA / CPATU

BELÉM / PARÁ  
1980

## NOÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM

### 1. INTRODUÇÃO

#### 1.1. Consideração sobre os solos ocorrentes na Amazônia

Os solos amazônicos em sua maioria são classificados como Latossolos, e apresentam-se muito pobres em nutrientes para as plantas, como é o caso do nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Quando o aumento da productividade é visado, há necessidade da aplicação de corretivos e fertilizantes.

Acredita-se que o enxôfre (S) e os micronutrientes como manganês (Mn), zinco (Zn), cobre (Cu) e molibdênio (Mo) entre outros, sejam também deficientes, entretanto não há estudos suficientes para tal afirmativa.

Por outro lado, sob o ponto de vista da acidez, são solos predominantemente ácidos com exceção para aqueles de formação diabásica como acontece com as Terras Roxas que se apresentam próximo da neutralidade.

#### 1.2. Conceito de fertilidade do solo

Diz-se que o solo tem elevada fertilidade, quando além de possuir altos teores de nutrientes apresenta também boas propriedades físicas. Solos que possuem altos teores de N, P, K, Ca, Mg, S e de elementos menores porém com propriedades físicas não recomendáveis, não podem ser considerados de boa fertilidade. O mesmo ocorrendo quando os teores de nutrientes são baixos e as propriedades físicas são boas.

## 2. ACIDEZ DO SOLO

A acidez do solo é indicada pelo valor de pH decorrente da concentração do íon hidrogênio na solução do solo.

A acidez do solo pode ser designada através da interpretação da escala de pH, sob o ponto de vista prático.

pH	Interpretação
Menor que 5,5	Muito ácido
5,6 a 6,0	Ácido
6,1 a 6,5	Pouco ácido
6,6 a 7,0	Aproximadamente neutro
7,1 a 7,5	Pouco alcalino
Maior que 7,5	Alcalino

O valor do pH do solo dá idéia da situação de várias propriedades químicas do solo que estão sujeitas a ele. Portanto, assim como a temperatura do homem indica o seu estado de saúde, o pH representa o mesmo para o solo, evidenciando a importância que o mesmo representa para o agrônomo.

### 2.1. Acidez ativa

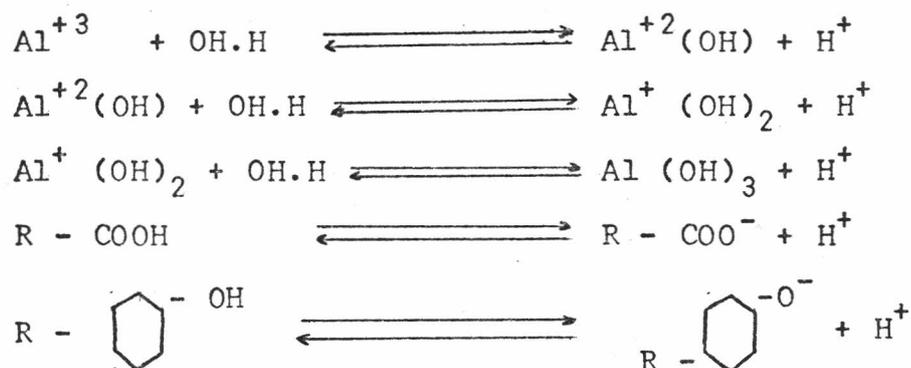
A acidez ativa é a concentração do hidrogênio ( $H^+$ ) na solução do solo. Ela é medida pelo índice de pH, através de uma escala de 0 a 14.

O solo que apresente pH 5,0 e 25% de água, necessita da aplicação de 2,5 kg de calcário puro/ha, para neutralizar totalmente a acidez ativa. Esta acidez é portanto facilmente neu

tralizada.

## 2.2. Acidez potencial

A acidez potencial é o conjunto de substâncias com capacidade de liberar íons hidrogênio ( $H^+$ ) para a solução do solo. As principais substâncias que funcionam como fonte de acidez potencial são os compostos de alumínio ( $Al^{3+}$ ) e a matéria orgânica.



Pelo exposto é fácil constatar que quanto maior for a acidez potencial maior será a acidez ativa. Assim, a acidez potencial é a causa da acidez ativa e esta é o efeito daquela.

## 3. TOXIDEZ DE ELEMENTOS TROCÁVEIS

### 3.1. Efeitos do alumínio

No solo ocorrem dois tipos de acidez, ou seja a trocável e não trocável. A trocável resulta principalmente do teor de Al trocável que está em equilíbrio com o alumínio da solução do solo. O teor de hidrogênio trocável, também em equilíbrio com o hidrogênio da solução do solo, geralmente é baixo nos solos mi

nerais.

O alumínio não é um elemento essencial à nutrição das plantas, sendo absorvido pelas mesmas caso esteja livre na solução ou como Al trocável.

O alumínio não adsorvido nas partículas coloidais (argilas e matéria orgânica) é responsável pela acidez não trocável. Grande parte desta acidez está relacionada com a matéria orgânica do solo,

Geralmente a maior parte do Al absorvido pelas plantas fica localizada nas raízes acarretando distúrbios fisiológicos que dificultam o bom desenvolvimento do sistema radicular e do vegetal inteiro. As raízes na presença de teores tóxicos de alumínio no solo tornam-se curtas e grossas. Este aspecto prejudica a absorção de nutrientes pelas plantas, em face da menor superfície específica das raízes.

Trabalhos realizados com milho, evidenciam que o crescimento do mesmo decai, quando o Al assume valores superiores a 1ppm na solução do solo. Para o algodão, as raízes morriam quando havia 1 ppm de Al na solução do solo e o crescimento decaia quando era de 0,5 ppm.

Os principais efeitos nocivos do Al consistem nos seguintes:

- . Prejudica o crescimento normal das raízes das plantas;
- . Acarreta o decréscimo da assimilação e translocação do cálcio na planta;
- . Exige a necessidade da aplicação de maior quantidade de adubos fosfatados.

### 3.2. Efeitos do Manganês

O manganês é um micronutriente dos vegetais, assim considerado devido ser assimilado em quantidades muito pequenas. Assim, ele é necessário para as plantas até determinados limites de concentração de Mn trocável no solo, tornando-se tóxico para as mesmas quando estes limites são ultrapassados. Este aspecto varia muito conforme as exigências das culturas.

Quando o teor de Mn trocável é alto no solo, ele também é alto no tecido foliar, pois a absorção de um elemento é proporcional a sua quantidade disponível no solo.

## 4. CORREÇÃO DO SOLO

### 4.1. Necessidade de calagem dos solos

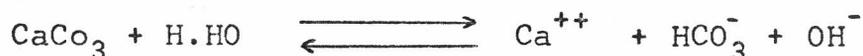
Em solos minerais, como acontece com a quase totalidade dos solos amazônicos, a necessidade de calcário é indicada pelo teor de Al trocável. Quando os solos têm outras fontes de acidez, como em solos orgânicos, onde a matéria orgânica é uma delas, o Al trocável por si só, não funciona como um bom indicador da dose necessária de corretivo. Em tais casos, outros métodos devem ser adotados dentre os quais, o método SMP tem demonstrado bons resultados.

O método SMP indica a necessidade de calcário de um solo para qualquer valor de pH que se deseje obter, após a aplicação do corretivo. Consiste no uso de uma solução tampão, a pH conhecido, que misturada a uma determinada quantidade de solo, ao sofrer modificação (pH da solução) indica a quantidade do corretivo a ser aplicada ao solo. É um método que antes de ser utilizado, precisa ser calibrado no laboratório e no campo, através do levan

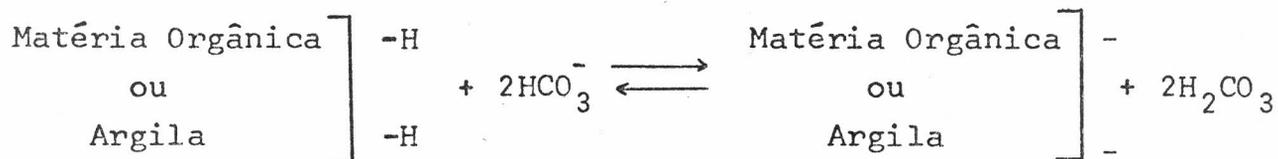
tamento de uma curva que ao ser comparada com a leitura de pH mo dificado da solução, também (pH conhecido), fornece a quantidade de corretivo em t/ha.

#### 4.2. Reação do calcário no solo

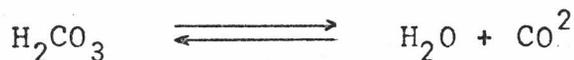
O calcário ao ser aplicado no solo, sofre hidrólise até o limite da solubilidade do material adicionado, constituindo-se em uma primeira reação:



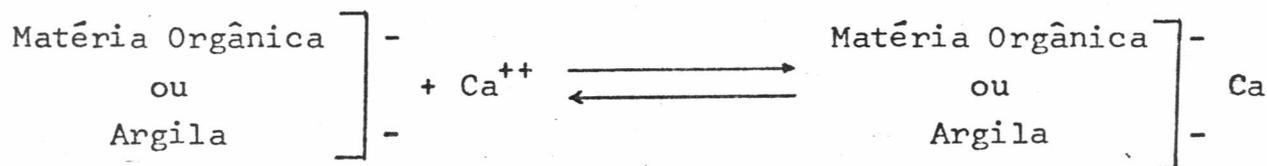
Como continuação desta hidrólise, os íons  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{OH}^-$  neutralizam os ácidos do solo:



O ácido carbônico formado se dissocia e fica em e quilíbrio com o  $\text{CO}_2$  do ar do solo:



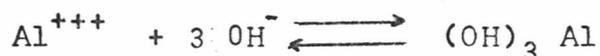
Verifica-se nesta seqüência de reações que os  $\text{H}^+$  dos radicais ácidos da matéria orgânica ou os  $\text{H}^+$  adsorvidos nos coloides de argila são deslocados pelo anion  $\text{HCO}_3^-$  e não pelo  $\text{Ca}^{++}$ . Os lugares de troca antes ocupados pelo  $\text{H}^+$  e agora livres são toma dos pelo  $\text{Ca}^{++}$ .



Os  $\text{H}^+$  do solo podem se combinar com os íons  $\text{OH}^-$  resultantes da hidrólise do calcário formando água.



Por outro lado, o  $\text{Al}^{+++}$  reage com os íons  $\text{OH}^-$ , também resultantes da hidrólise do calcário, formando o hidróxido de alumínio que é muito insolúvel, desaparecendo assim o alumínio livre que é tóxico para as plantas.



Merece ser realçado que quase a totalidade da quantidade de calcário aplicada no solo, é consumida para neutralização do Al trocável e dos ácidos da matéria orgânica. Após tal neutralização é que pode ocorrer a elevação do pH do solo.

#### 4.3. Recomendação da dose adequada de calcário

Em solos amazônicos, por serem essencialmente minerais, a dose recomendada de calcário, em t/ha, é calculada em função do teor de Al trocável em mE% que multiplicado pelo fator 2, indica a quantidade que deverá ser aplicada ao solo.

Considerando que em solos Latossólicos ocorrentes na Amazônia, o Al trocável assume valores em torno de 2mE%, a dose recomendada de calcário seria de 4 t/ha. Esta é uma opção quan

do não se dispõe da análise do solo para cálculo da quantidade de calcário com base na pesquisa.

Por outro lado, duas semanas após a aplicação do calcário, este já reagiu com o solo e a área está pronta para receber a implantação das culturas.

#### 4.4. Corretivos usados no solo

O calcário é o material mais usado como corretivo do solo. Na calagem deve ser utilizado o calcário dolomítico, ou seja, aquele calcário que possui aproximadamente 18% de MgO (óxido de magnésio), além do teor de OCa (óxido de cálcio). O calcário dolomítico ou dolomita, como também é conhecido tem por fórmula  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ , e tem a vantagem de suprir as plantas em magnésio.

O hidróxido de cálcio ou cal extinta de fórmula  $\text{Ca(OH)}_2$  também é usado, assim como a cal virgem ou óxido de cálcio com fórmula OCa.

#### 4.5. Conceito e aplicação do PRNT para os corretivos usados

O poder relativo de neutralização total (PRNT), fornece a verdadeira ação do calcário sobre a acidez do solo no decorrer de três anos aproximadamente. O PRNT é usado para corrigir a quantidade de calcário recomendada com base na análise de solo.

Na determinação do PRNT de calcário é necessário serem conhecidos os seguintes dados:

- . Valor de neutralização

Este valor corresponde a quantidade de carbonatos presentes no calcário que poderá reagir com os ácidos do solo. Ele é calculado através dos resultados da análise química do calcário para determinação dos óxidos de cálcio e de magnésio cujos dados são transformados em equivalentes calcários.

Conversão em equivalente de  $\text{CaCO}_3$

SUBSTÂNCIA	FATOR DE CONVERSÃO
CaO (Óxido de cálcio)	1,79
MgO (Óxido de magnésio)	2,48

. Tamanho de partícula

Quanto mais fino for o calcário, maior será a superfície de contato com o solo e conseqüentemente mais rápida a reação com os ácidos.

Eficiência relativa de partícula de calcário do lomítico

Tamanho das Partículas-malhas/polegada		Eficiência Relativa-%
Menor que	maior que	
60	-	100
20	60	60
8	20	20
-	8	0



Na determinação do PRNT usa-se a seguinte fórmula:

$$\text{PRNT} = \frac{\text{equivalente em CaCO}_3\% \times \text{eficiência relativa } \%}{100}$$

ou

$$\text{PRNT} = \frac{\text{eq. em CaCO}_3\% \times (60\text{m/p}\% \times 1,0) + (20 - 60\text{m/p}\% \times 0,6) + (8 - 20\text{m/p}\% \times 0,2)}{100}$$

Exemplificando :

Dados químicos

$$\text{CaO} = 40\%$$

$$\text{MgO} = 8\%$$

Dados físicos (granulometria)

$$< 60\text{m/p} = 80\%$$

$$20-60 = 10\%$$

$$8-20 = 10\%$$

$$> 8 = 0\%$$

$$\text{Eq. em CaCO}_3 (40\% \times 1,79) + (8\% \times 2,48) = (71,6 + 19,8) = 91,4\%$$

$$\text{PRNT} = \frac{91,4 (80 \times 1,0) + (10 \times 0,6) + (10 \times 0,2)}{100} = 80,6\%$$

Recomendação de calcário pela análise do solo igual a 5 t/ha.

$$5 \text{ t/ha} \text{ ————— PRNT} = 100\%$$

$$x \text{ ————— PRNT} = 80,6\%$$

É uma regra de três inversa, portanto:

$$x = \frac{5 \times 100}{80,6} = 6,2 \text{ t/ha}$$

## 5. FERTILIDADE DE SOLO

### 5.1. Solo Fértil

Solo fértil é aquele que permite o bom desenvolvimento vegetativo das plantas proporcionando a alta produtividade das culturas. Muito raro é aquele solo que não necessita de fertilizantes ou de corretivos da acidez. É comum encontrar-se, solos que são considerados de elevada fertilidade, mas que na realidade são deficientes em certos nutrientes. Neste caso enquadram-se as Terras Roxas que apresentam boas propriedades físicas e químicas, porém são pobres em fósforo disponível para as plantas. Mesmo nestas condições possibilitam altas produções e quando adubos fosfatados são adicionados, os rendimentos das culturas aumentam consideravelmente.

### 5.2. Avaliação da fertilidade do solo

O conhecimento da fertilidade do solo é um dos fatores imprescindíveis ao sucesso da implantação de uma cultura. Ele permite estabelecer a necessidade ou não da aplicação adequada de corretivos e fertilizantes.

Considerando o elevado custo destes insumos e que a aplicação dos mesmos nas culturas, representa um investimento bastante oneroso, é preciso ter conhecimento da real necessidade de utilização. Algumas escolas preconizam que 20% da renda bruta anual de uma cultura por unidade de área, deverá ser a quantia destinada ao uso de corretivos e fertilizantes, principalmente ao ser levado em conta que todo investimento deve ser feito no sentido de ser obtido algum lucro compensador.

### 5.2.1. Amostragem do solo

Modo de retirar as amostras - Dividir a propriedade em áreas de até 10 hectares, ou 4 alqueires aproximadamente. Cada uma dessas áreas deverá ser uniforme quanto à cõr, topografia (baixada, encosta, espigão), textura (argilosa ou arenosa) e adubações e calagens feitas anteriormente. Pequenas áreas desuniformes deverão ser amostradas separadamente da área circunvizinha, se houver interesse. Percorra cada área em zigue-zague, retirando amostras de 15 a 20 pontos diferentes. Vá juntando as amostras num recipiente limpo.

Profundidade de amostragem - As amostras deverão ser retiradas da camada superficial do solo, até 20cm, ou à profundidade da aração.

Preparo da amostra a ser enviada - Misture muito bem as 15 ou 20 amostras simples de cada área e, da mistura retire 300 a 500 gramas de terra. Esta é a amostra que deve ser enviada. É denominada amostra composta e representa realmente a área a ser cultivada por que é a média de vários pontos dessa área.

Instrumentos utilizados - Se usar a pá reta, aproveite apenas uma porção (de cima a abaixo) da fatia de terra sobre a pá, para ser misturada às demais amostras simples.

Acondicionamento - As amostras deverão ser enviadas nas caixinhas de papelão ou em saco plástico, tendo cuidado para que o número de sua identificação corresponda a amostra coletada.

### 5.2.2. Análise química do solo e interpretação dos resultados

A análise química é um dos indicadores da fertilidade do solo, porém não é o melhor para servir de base à recomendação de corretivos e fertilizantes. Ela representa entretanto, um

bom indicador da disponibilidade de nutrientes para as plantas.

A precisão da análise do solo está na dependência da sensibilidade do método analítico adotado no laboratório e da representatividade da amostragem de solo utilizada na coleta de material.

A análise do solo, isoladamente, não é suficiente para indicar a cultura que deverá ser implantada para a exploração de uma área de terra. Ela representa parte de um conjunto de dados ecológicos que comparados com as características de uma determinada cultura, indicam a possibilidade de implantação do cultivo na área de interesse.

A interpretação dos resultados das análises de solo é feita através da comparação com tabelas que indicam os conceitos de baixo, médio, alto e muito alto para os valores obtidos.

ELEMENTOS	CONCEITOS			
	BAIXO	MÉDIO	ALTO	MUITO ALTO
ppm P	0-10	11-30	31-50	> 50
ppm K	0-45	46-90	91-150	> 150
me/100cc Ca+Mg	0-2,0	2,1-10,0	11,0 - 15,0	> 15,0
me/100cc Al	0,0-0,1	0,2-0,3	> 0,3	

### 5.2.3. Análise do tecido foliar e interpretação dos resultados

A análise do tecido foliar é um bom indicador para a avaliação da fertilidade do solo e juntamente com a análise do solo, serve para dar idéia mais precisa dessa fertilidade. A análise do tecido foliar indica também o estado nutricional das plantas.

Os teores de nutrientes no tecido foliar variam muito entre as espécies vegetais, dificultando a interpretação de resultados. A literatura especializada no assunto, é fértil em indicar os teores de nutrientes no tecido foliar para determinadas culturas.

No quadro a seguir é mostrada a variação de alguns elementos no tecido foliar.

ELEMENTO	VARIAÇÃO
Alumínio	2 a 3 ppm até 1,0%
Boro	10 a 100 ppm
Cálcio	0,1 a 10%
Cobre	1 a 25 ppm
Ferro	20 a 500 ppm
Magnésio	0,05 a 1,0%
Manganês	5 a 1.000 ppm
Molibdênio	0,01 a 25 ppm
Nitrogênio	0,2 a 4,0%
Fosfôro	0,03 a 0,30%
Potássio	0,20 a 3,5%
Enxofre	0,1 a 1,0%
Zinco	5 a 75 ppm

Na falta de conhecimento dos níveis ideais de nutrientes no tecido foliar, é interessante analisar o tecido de uma planta sadia, que apresenta bons rendimentos, e comparar tais resultados com os obtidos no tecido de uma planta que se considera carente de nutrientes. Assim procedendo, será possível detectar qual ou quais os nutrientes que estão deficientes ou se há toxicidade de outros.

#### 5.2.4. Cálculos das doses recomendadas de adubação

Considerando-se que a análise de solo revelou teores baixos de fósforo (P) e de potássio (K) e que em face destes teores, a dose de adubação NPK, fornecida através de uma tabela para uma determinada cultura é 40kg/ha de N, 70 kg/ha de  $P_2O_5$  e 60 kg/ha de  $K_2O$ , temos os seguintes cálculos:

Uréia	45% de N	
45 kg de N	→	100 kg de Uréia
40 kg de N	→	x kg de Uréia

$$x = \frac{40 \times 100}{45} = 88,88 \text{ kg de Uréia/ha}$$

Superfosfato Triplo .- 45% de  $P_2O_5$

45 kg de $P_2O_5$	→	100 kg Superfosfato Triplo
70 kg de $P_2O_5$	→	x kg de superfosfato Triplo

$$x = \frac{70 \times 100}{45} = 155,55 \text{ kg de Superfosfato Triplo}$$

Cloreto de Potássio - 60% de  $K_2O$

60 kg de  $K_2O$   $\longrightarrow$  100 kg de Cloreto de Potássio

60 kg de  $K_2O$   $\longrightarrow$  x kg de Cloreto de Potássio

$$x = \frac{60 \times 100}{60} = 100 \text{ kg de Cloreto de Potássio/ha}$$

TOTAL DA MISTURA POR HECTARE :

Uréia	89 kg/ha
Superfosfato triplo	156 kg/ha
Cloreto de Potássio	<u>100</u> kg/ha
Mistura	345 kg/ha

CÁLCULOS DA FÓRMULA

NITROGÊNIO

345 kg da mistura  $\longrightarrow$  40 kg de N

100 kg da mistura  $\longrightarrow$  x

$$x = 11,6\%$$

FÓSFORO

345 kg da mistura  $\longrightarrow$  70 kg de  $P_2O_5$

100 kg da mistura  $\longrightarrow$  y

$$y = 20\%$$

## POTÁSSIO

345 kg da mistura	—————>	60 kg de $K_2O$
100 kg da mistura	—————>	z

$$z = 17\%$$

FÓRMULA : 12 - 20 - 17

## 6. NUTRIENTES E SEUS EFEITOS NAS PLANTAS E NOS SOLOS

### 6.1. Nitrogênio

#### 6.1.1. Microorganismos, nitrificação e influência da calagem

Constituindo a população de microorganismos que vi vem no solo, dentre outros, estão os fungos e as bactérias sendo estas principalmente, responsáveis por muitas reações que ocorrem com os elementos químicos no solo. As bactérias se desenvolvem me lhor em solos com pH próximo da neutralidade, enquanto os fungos são mais ambientados em pH ácidos.

Quando é feita a calagem em solos ácidos, com a ele vação do pH, aumenta a população dos microorganismos do solo e principalmente as bactérias encontram melhores condições de se propagarem. Do mesmo modo a adição de matéria orgânica, ao solo, ocasiona maior atividade microbiana pelo aumento da população dos microorganismos.

A mineralização da matéria orgânica no solo é resul tante da atividade microbiana e a nitrificação é um exemplo dessa atividade. As bactérias nitrificadoras são responsáveis pela mine

realização da matéria orgânica com a formação de nitratos.

### 6.1.2. Perdas de nitrogênio

#### 6.1.2.1. Por volatilização

O nitrogênio pode ser perdido por volatilização (forma gasosa) após a sua aplicação na superfície do solo. Alguns adubos como amônia anidra, uréia e outros, podem perder N por volatilização.

Como resultado de uma aplicação incorreta. É o que acontece quando se aplica adubos nitrogenados na superfície de solos alcalinos, ou mesmo, a simples uréia na superfície de solos em geral. Por outro lado, quando os adubos nitrogenados são enterrados no solo, como em sulcos próximos das sementes, poderá prejudicá-las devido a toxidez causada pelo amônio.

#### 6.1.2.2. Por imobilização

Quando um adubo nitrogenado é aplicado ao solo, os microorganismos podem absorvê-lo transformando-o em compostos orgânicos não assimiláveis pelas plantas. A assimilação dos adubos nitrogenados pelos microorganismos é conhecido como imobilização.

#### 6.1.2.3. Por lixiviação

A lixiviação ocorre quando o nitrogênio é carregado para camadas mais profundas do solo pela água de percolação. O nitrogênio na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) é totalmente móvel no solo, não sendo retido pela CTC. Quando se adiciona o cátion, amônia ( $\text{NH}_4^+$ )

ao solo, o nitrogênio é nitrificado ( $\text{NO}_3^-$ ) e grande parte se perde por lixiviação, a não ser que o solo tenha alta CTC para adsorver o  $\text{NH}_4^+$ .

#### 6.1.3. Importância para a planta

O nitrogênio é um macronutriente das plantas. É um elemento bastante móvel na planta e na falta de N no solo, é deslocado das folhas velhas para as novas. Assim, as deficiências aparecem imediatamente nas folhas velhas e se apresentam como uma clorose generalizada.

#### 6.1.4. Teores no solo

Geralmente não varia muito no solo, ficando na maioria dos solos entre 0,05 e 0,30%. Depende muito da atividade microbiana e quando está em equilíbrio a relação C/N varia de 8 a 12.

#### 6.1.5. Fontes do elemento

Os adubos nitrogenados mais usados como fontes de N, são o sulfato de amônio com 20% do elemento e a uréia com 45% de N.

Os materiais contendo amônia, principalmente aqueles que têm o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  (sulfato) em sua fórmula, tornam os solos mais ácidos e o uso contínuo destes tipos de fertilizantes requer quantidades maiores de calcário para a neutralização da acidez. Quando estes fertilizantes, são aplicados em doses recomendadas, o pH original do solo é mantido, porém se grandes quantidades são adicionadas, o pH do solo baixa, ficando mais ácido.

### 6.1.6. Assimilação

O nitrogênio é assimilado pelas plantas nas formas amoniacal ( $\text{NH}_4$ ) e nítrica ( $\text{NO}_3$ ), e principalmente nesta última.

## 6.2. Fósforo

### 6.2.1. Fixação

A fixação do fósforo no solo ocorre quando Al, Fe e Mn estão presentes na solução do solo, condicionando a formação dos respectivos fosfatos que são muito pouco solúveis. Esta insolubilização do P no solo, ou mesmo, daquele aplicado sob a forma de adubos, é conhecida como fixação do fósforo. Além desta fixação constituir perda de P assimilável, ela diminui a disponibilidade do elemento para as plantas.

O fósforo deve ser aplicado ao solo como adubo após ser feita a calagem, quando esta se torna necessária. Alguns trabalhos mostram que do P aplicado antes da calagem, muito pouco fica disponível para as culturas, quando comparado com o P adicionado ao solo após a aplicação do calcário.

O conteúdo de P no solo varia, tendendo a aumentar nos solos cultivados, devido a aplicação de fertilizantes fosfatados e muito pouco se perde por lixiviação. A quantidade de fósforo total nos solos é muito maior que a correspondente ao fósforo assimilável ou disponível, sendo esta a que realmente é importante para as culturas.

### 6.2.2. Importância para a planta

Aproximadamente 5 a 30% do P adicionado ao solo é absorvido pela planta que o recebeu, daí a necessidade da aplica

ção de altas quantidades de adubos fosfatados. Quantidades muito grandes desses adubos podem ser prejudiciais, pois acarreta deficiência de elementos menores como ferro, manganês, cobre e zinco pela formação dos respectivos fosfatos que são pouco solúveis.

O fósforo é outro elemento essencial não apenas para as plantas mas também para o homem e demais animais, tanto que as primeiras formas de P aplicadas como fertilizantes foram os osos moidos.

Trata-se de um nutriente bastante móvel dentro da planta, condicionando a que os sintomas surjam nas folhas velhas. A maior parte do P absorvido pela planta fica localizada, nas sementes e nos frutos, sendo importante no processo de respiração dos vegetais e na síntese de proteínas.

#### 6.2.3. Teores no solo

Os teores de fósforo no solo variam de 0,03 a 0,30%. Os Latossolos ocorrentes na Amazônia, quando sob vegetação de mata, apresentam teores de P assimilável em torno de 3 a 5 ppm, portanto, podem ser considerados baixos.

#### 6.2.4. Fontes do elemento

As fontes de fósforo utilizadas como adubos, podem ser os fosfatos naturais e os fosfatos que sofrem tratamentos químicos. Dentre os fosfatos naturais ou fosfatos de rocha estão a fosforita de Olinda, o fosfato de Patos, o fosfato de Araxá, com diferentes teores de  $P_2O_5$ . São constituídos da rocha fosfatada que sofreu processo de trituração através da moagem até fina granulometria.

Dentre os fertilizantes fosfatados industrializados, os mais comuns são o superfosfato triplo com 48% de  $P_2O_5$ , o superfosfato simples, o termofosfato e o hiperfosfato, todos estes com 20% de  $P_2O_5$  e diferentes solubilidades.

O fósforo é assimilado pelas plantas principalmente com  $H_2PO_4^-$ , vindo em seguida como  $HPO_4^{2-}$  e muito pouco como  $PO_4^{3-}$ .

### 6.3. Potássio

#### 6.3.1. Perdas

A principal perda de potássio no solo ocorre através da lixiviação do elemento para camadas mais profundas fora do alcance das raízes, com maior evidência quando o solo tem baixa capacidade de troca de cátions.

O potássio pode ser também facilmente lixiviado das folhas das plantas pela água das chuvas até cerca de 90%.

As perdas de potássio do solo, não considerando a remoção do elemento em função das colheitas, podem ser reduzidas pela aplicação  $K^+$  no solo, após a calagem ou então, pela aplicação parcelada das doses de fertilizantes potássicos.

#### 6.3.2. Importância para a planta

Trata-se de um macro-nutriente das plantas por ser absorvido em maior quantidade em relação a outros elementos, exceto quanto ao nitrogênio e talvez o cálcio. É um nutriente bastante móvel no tecido vegetal, movendo-se para as folhas novas, daí os sintomas de deficiência do elemento aparecerem nas folhas velhas.

### 6.3.3. Teores do Solo

O potássio existe na solução do solo como  $K^+$  resultante de compostos solúveis que é a fonte disponível para as plantas.

Os teores de potássio no solo podem variar de 0,05 a 2,5%.

### 6.3.4. Assimilação

O potássio é absorvido na forma de  $K^+$ , e quando a absorção se processa em excesso pode ocorrer o que se chama de "Consumo de Luxo". Tal fato, é assim chamado em função do aumento da absorção de K sem no entanto haver aumento da produção.

## 6.4. Cálcio

### 6.4.1. Importância para as plantas

O cálcio é um dos elementos absorvidos em maior quantidade pelas plantas e provavelmente ocupa o 3º lugar entre os nutrientes mais absorvidos.

A proporção dos íons trocáveis no complexo coloidal do solo, considerada ótima, é a seguinte:

Cálcio	65%
Magnésio	10%
Potássio	5%

A grande importância que o Cálcio representa para as plantas é possibilitar o bom desenvolvimento do sistema radicu

lar e por estar presente nas paredes celulares.

#### 6.4.2. Assimilação

O cálcio é absorvido pelas plantas como  $\text{Ca}^{++}$ , sendo pouco móvel no tecido vegetal. Tal fato, é constatado quando no caso de deficiência, as folhas jovens são as primeiras a apresentarem os sintomas. Isto não ocorre com outros nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, bastante móveis nas plantas.

#### 6.5. Magnésio

##### 6.5.1. Importância para as plantas

O magnésio representa papel fundamental na síntese da clorofila e é ativador de inúmeras enzimas.

A absorção de potássio induz à deficiência de magnésio, evidenciando o efeito antagônico do potássio em relação ao Magnésio. Quando a relação K/Mg é alta, ocorrem sintomas de deficiência de magnésio, mesmo quando este elemento é alto no solo.

##### 6.5.2. Fontes do Elemento

A principal fonte de magnésio como suprimento para as plantas é o calcário dolomítico. Mesmo quando a calagem não se faz necessária, o magnésio é fornecido através de pequenas quantidades de calcário dolomítico.

Outra fonte de magnésio como adubo, é o sulfato de magnésio que por seu elevado custo, torna impraticável sob o pon

to de vista econômico à sua utilização.

Finalmente, as rochas magnesianas, também, podem ser utilizadas como fonte de Mg.

### 6.5.3. Assimilação

O magnésio é absorvido pelas plantas em sua forma iônica, ou seja,  $Mg^{++}$ .

## 6.6. Enxofre

### 6.6.1. Importância para as plantas

O enxofre é de grande necessidade para as plantas, sendo importante como constituinte de certas proteínas e enzimas, além de desempenhar papel relevante nos processos de oxidação e redução ocorridos por ocasião da respiração. Ele aparece como componente de produtos vegetais secundários, dentre os quais os azeites de óleos vegetais.

### 6.6.2. Fontes do Elemento

Todos os fertilizantes que possuam radicais  $SO_4^{++}$ , são considerados como fontes de enxofre. Por outro lado, o enxofre nascente, ou seja, em sua forma nulivalente  $S^0$ , funciona como suprimento do elemento, após sofrer reações no solo pela ação dos microorganismos.

### 6.6.3. Assimilação

O enxofre é assimilado na forma aniônica de sulfato  $SO_4^{++}$ .

### FONTES CONSULTADAS

- . ADAMS, Fred & PEARSON, Robert W. 1967. Crop response to lime in the Southern United States and Puerto Rico. In: PEARSON, R. W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, cap. 4, p-161-206.
  
- . BARBER, Stanley A. 1967 Liming materials and practices. In: PEARSON, R.W. & ADAMS, F. Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy, cap.3, p. 125-60
  
- . KAMPRATH, E.Y 1967 - A acidez do solo e a calagem. Raleigh North Carolina State University Agric. Exp. Station, ATD-22p (International Soil Testing, Boletim técnico,4)
  
- . VOLKWEISS, Sérgio Y. & LUDWICK, Albert E. 1969. O melhoramento do solo pela calagem. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS - 30p (Boletim Técnico,1)
  
- . JACOB, A & UEXKULL, H.v. Fertilizacion; nutricion Y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Amsterdam, Internationale Handelmaatschappij voor Mestoffen N.V., 1961 626p. p.57-58
  
- . CRUZ, E. de S & STAMMEL, J.G. Efeito residual da calagem em solos de diferentes classes texturais. Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas "Francisco Osório". Porto Alegre, 5 (1): 225-310, 1978