



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**  
**Departamento de Solos e Engenharia Rural**  
**Disciplina Solos II**

**ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM (REAÇÃO DO SOLO)**

Prof<sup>ª</sup> Responsável: Sânia Lúcia Camargos

Cuiabá – MT  
2005

## ACIDEZ DO SOLO E CALAGEM (REAÇÃO DO SOLO)

### 1. Introdução

No Brasil, o maior problema relacionado à reação do solo diz respeito ao fato de que cerca de 70% dos solos cultivados apresentam acidez excessiva. Assim, a prática da calagem torna-se de vital importância no manejo da fertilidade do solo.

Os valores de pH dos solos variam grandemente, numa faixa entre 3 e 10. A reação do solo é o fator que, em geral, mais afeta a disponibilidade dos nutrientes às plantas. Sob acidez ou alcalinidade excessiva, entre outros problemas para as plantas, tem-se uma baixa disponibilidade de nutrientes. Portanto, antes do preparo do solo e da adubação, deve-se procurar saber as condições de acidez do solo.

### 2. Conceitos básicos da acidez do solo- componentes da acidez do solo

Apesar dos conceitos básicos de acidez e CTC serem bastantes conhecidos, tanto nas regiões de clima temperado como nas regiões de clima tropical, ainda existe muita confusão gerada pelo uso inadequado destes conceitos na solução de problemas ligados à fertilidade do solo.

Deve-se salientar que nem os princípios fundamentais da acidez do solo, nem aqueles ligados à CTC podem ou devem ser considerados em termos isolados, sendo óbvia a necessidade de avaliar as interrelações entre os mesmos.

Neste sentido, cabem algumas definições isoladas destes conceitos, como meta para avaliá-los em conjunto, na diagnose de problemas ligados à fertilidade do solo.

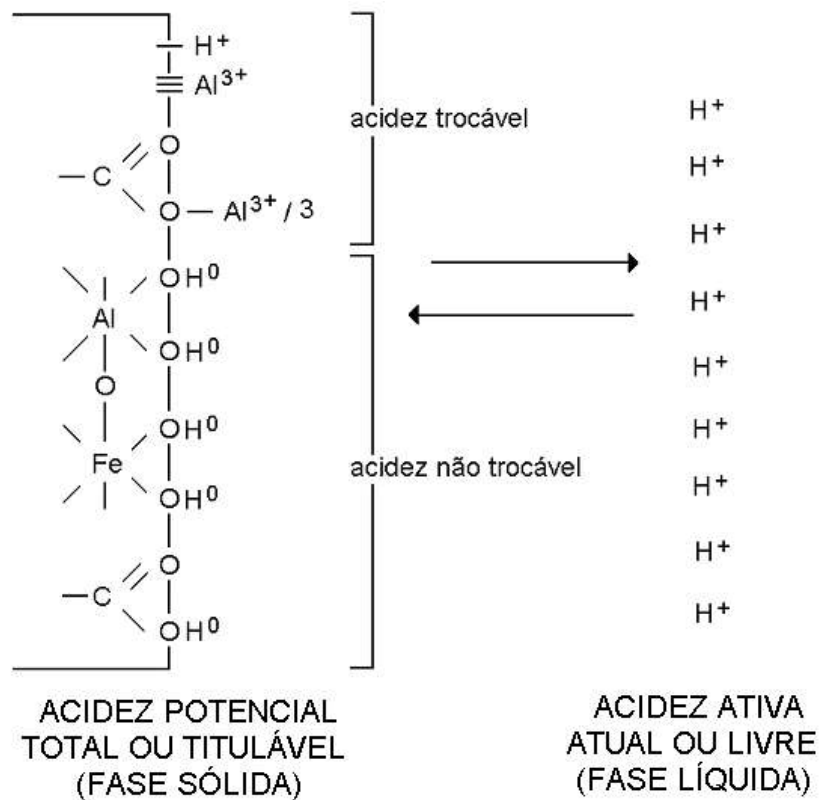


Figura 1. Componentes da acidez do solo.

**a) Acidez ativa:** é dada pela concentração de  $H^+$  livre na solução do solo, que é liberada pelas substâncias que compõem a acidez potencial e é medida pelo valor de pH, em escala que, para a maioria dos solos do Brasil, varia de 4,0 a 7,5. O pH é definido como sendo o logaritmo negativo da concentração (atividade, mais corretamente) do íon  $H^+$ , expresso por:

$$pH = -\log [H^+] = \log 1/[H^+]$$

A concentração de  $H^+$  é dada em moles/litro ou íons grama/litro. Assim, por exemplo, se a concentração do íon  $H^+$  de uma solução apresentar uma concentração de 0,0001 molar ou  $10^{-4}$  M em  $H^+$ , o pH será igual a 4,0:

$$pH = 4,0 = 10^{-4} \text{ moles/litro}$$

O significado prático desta relação é que cada unidade de mudança no pH do solo significa uma mudança de 10 vezes no grau de acidez ou basicidade. Um solo com  $pH = 6,0$  tem acidez 10 vezes maior que  $pH = 7,0$ , ou seja, 10 vezes  $H^+$  mais ativo, significando ainda que as necessidades de calcário aumentam rapidamente a medida que o pH diminui (a acidez aumenta).

A acidez ativa é muito fácil de ser corrigida, pois em 1 ha com pH = 4,0, com 25% de água, precisa apenas de 2,5 kg de  $\text{CaCO}_3$  para ser corrigido. Porém, a medida que se neutraliza o  $\text{H}^+$  em solução, as substâncias que compõem a acidez potencial passam a liberar mais  $\text{H}^+$  que tende a manter, ao final de reações no solo, altos índices de acidez ativa.

Apesar da fração de íons  $\text{H}^+$  na solução do solo ser muito reduzida, ela é quimicamente ativa e, entre outros aspectos, exerce grande efeito na disponibilidade dos nutrientes (Tabela 1).

Tabela 1 . Estimativa da variação percentual na assimilação dos principais nutrientes pelas plantas, em função do pH do solo.

Nutrientes	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Nitrogênio	20	50	75	100	100	100
Fósforo	30	32	40	50	100	100
Potássio	30	35	70	90	100	100
Enxofre	40	80	100	100	100	100
Cálcio	20	40	50	67	83	100
Magnésio	20	40	50	70	80	100
<b>Média</b>	<b>26,7</b>	<b>46,2</b>	<b>64,2</b>	<b>79,5</b>	<b>93,8</b>	<b>100</b>

(PNFCA, 1.974; EMBRAPA, 1.980)

Tabela 2. Disponibilidade de micronutrientes em relação ao pH

Nutrientes	pH					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
<b>Zn</b>	Zn <sup>++</sup>	Zn <sup>++</sup>				
<b>B</b>		B <sup>+++</sup>	B <sup>+++</sup>	B <sup>+++</sup>		
<b>Mn</b>		Mn <sup>++</sup>		Mn <sup>++</sup>		
<b>Fe</b>		Fé <sup>++</sup>	Fé <sup>++</sup>			
<b>Cu</b>	Cu <sup>++</sup>	Cu <sup>++</sup>				
<b>Mo</b>			Mo <sup>+++</sup>			Mo <sup>+++++++</sup>

Como se pode observar, quanto mais o pH se aproxima da neutralidade maior é o porcentual dos macronutrientes absorvidos pelas plantas (Tabela 1).

Exemplo: num pH de 5,0 com um total de 100 kg, de P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ), uma apenas absorve 32%, isto é, 32 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ao passo que no mesmo pH a planta absorveria 100 5 de Zn, já que este é mais disponível em solos ácidos.

Num pH de 6,5 a planta absorveria 100% de P, enquanto que o Zn se indisponibilizaria, se fixando nos solos. Sendo assim, temos que observar, com muita atenção, a disponibilidade de cada nutriente, pois sua eficiência ou ausência nas diversas culturas, causa grandes perdas de produtividade.

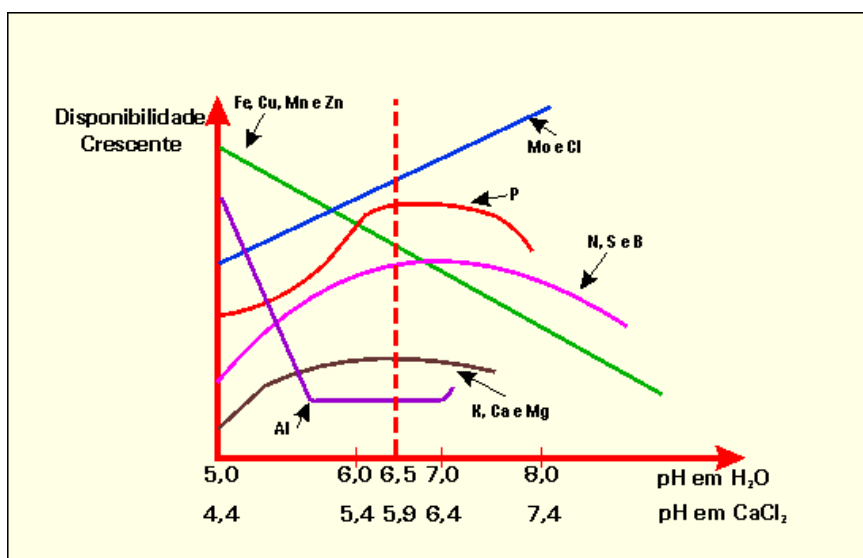
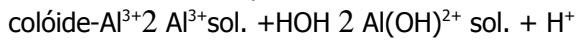


Figura 5. Disponibilidade de nutrientes em função do pH.

**b) Acidez trocável**(meq/100g ou meq/100cc ou  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ): refere-se ao alumínio e hidrogênio trocáveis e adsorvidos nas superfícies dos colóides minerais ou orgânicos, por forças eletrostáticas. Este tipo de acidez é, nas

análises de rotina, extraído com KCl 1N, não tamponado, que também é utilizado, em alguns laboratórios, para cálcio e magnésio trocáveis.

A acidez trocável, também conhecida por Al trocável ou acidez nociva, é um componente de destaque na acidez dos solos, uma vez que apresenta efeito detrimental ao desenvolvimento normal de um grande número de culturas (o Al atua no meristema apical da raiz, cessando a divisão celular, portanto, paralisando o crescimento das raízes), além de ser causa da acidez excessiva de certos solos, pois ao ser deslocado dos sítios de adsorção para a solução este cátion hidrolisa produzindo íons  $H^+$ :



**c) Acidez não-trocável**(meq/100 g ou meq/100 cc ou  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ): sabe-se que os íons  $H^+$  não participam das reações normais de troca iônica, isto é, não são trocáveis. A ligação covalente do  $H^+$  com os colóides requer alta energia para ser desfeita, que só é conseguida através da reação de neutralização com íons  $\text{OH}^-$  introduzidos na solução do solo.

Os íons  $H^+$  da fase sólida constituem a outra parte da acidez potencial, denominada de acidez não-trocável. Essa acidez praticamente não causa qualquer problema para os crescimentos da planta. Na prática, em solos com maior teor de matéria orgânica, que apresentam grande quantidade de íons  $H^+$  adsorvidos nos grupamentos carboxílicos e fenólicos, essa acidez representa apenas o gasto de uma maior quantidade de calcário para elevar o pH do solo, em função de um maior poder tampão.

Em valores de pH acima de cerca de 6,0 ainda existe acidez ativa e acidez não-trocável, mas não acidez trocável ou nociva, pois todo Al já foi precipitado na forma  $\text{Al(OH)}_3$ . Em termos práticos, nessa condição não há mais efeito desfavorável da acidez para as plantas. A continuada neutralização da acidez não-trocável, com a consequente neutralização da acidez ativa na faixa de pH 6 a 7, traria como benefício maior o aumento da CTC do solo e aumento da atividade de certos microorganismos. Portanto, a acidez não-trocável é uma estimativa das cargas negativas passíveis de serem liberadas a pH 7,0.

A avaliação da acidez não-trocável é feita subtraindo-se os valores da acidez trocável da acidez potencial ou total.

**d) Acidez potencial ou acidez total**(meq/100g ou meq/100cc ou  $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ): refere-se ao total de íons  $H^+$  (diretamente) e os íons  $\text{Al}^{+3}$  (indiretamente), adsorvidos nos colóides da fase sólida, sendo usada na sua determinação uma solução tamponada a pH 7,0, normalmente o Acetato de cálcio 1N.

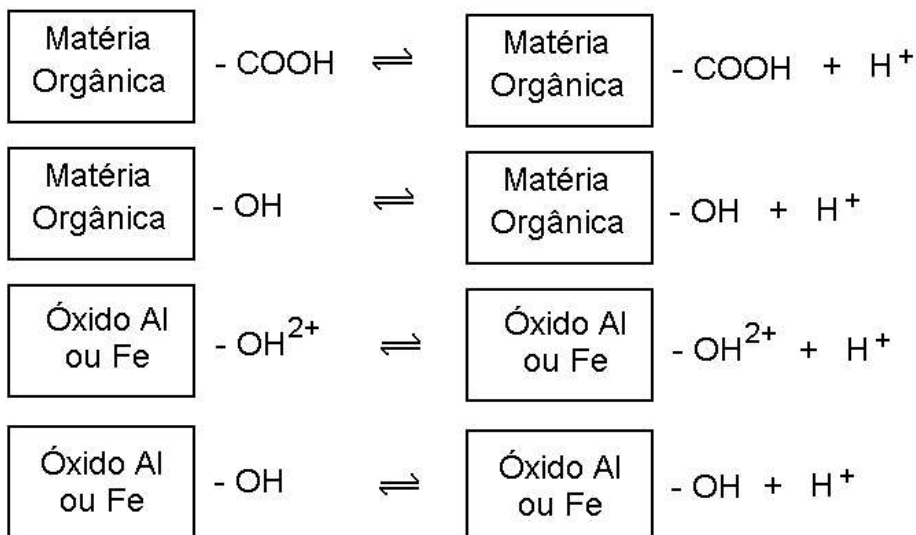


Figura 2. Componentes da acidez potencial dos solos (adaptado de Volkweiss, 1989).

**e) Poder tampão dos solos:** a capacidade ou poder tampão do solo diz respeito à resistência do solo em ter o valor de seu pH alterado, quando tratado com ácido ou base. Quanto maior a acidez potencial maior será o poder tampão do solo. Assim, solos mais argilosos ou com argila de maior atividade ou solos com maiores teores de matéria orgânica possuem maior poder tampão do que solos mais arenosos ou argilosos com argila de baixa atividade ou solos com menores teores de matéria orgânica. Num solo com baixo poder tampão, é preciso estar atento para o fato de que a aplicação de doses de calcário em excesso podem elevar o pH acima de 7,0, o que acarreta a redução da disponibilidade de vários nutrientes, principalmente os micronutrientes.

Deve-se lembrar que a resistência que o solo oferece em ter seu pH elevado é idêntica àquela para ter seu pH diminuído. Portanto, considerando as causas de acidificação dos solos, principalmente pelo uso de fertilizantes nitrogenados e pela remoção das bases pelas colheitas, é preciso estar atento para a resistência que o solo oferece em ter seu pH decrescido. Isto tem implicações, inclusive, na frequência da análise química do solo para avaliar sua acidez. Quanto menor o poder tampão do solo menor será o espaço de tempo entre uma amostragem e outra, pois o processo de acidificação ocorre mais rapidamente.

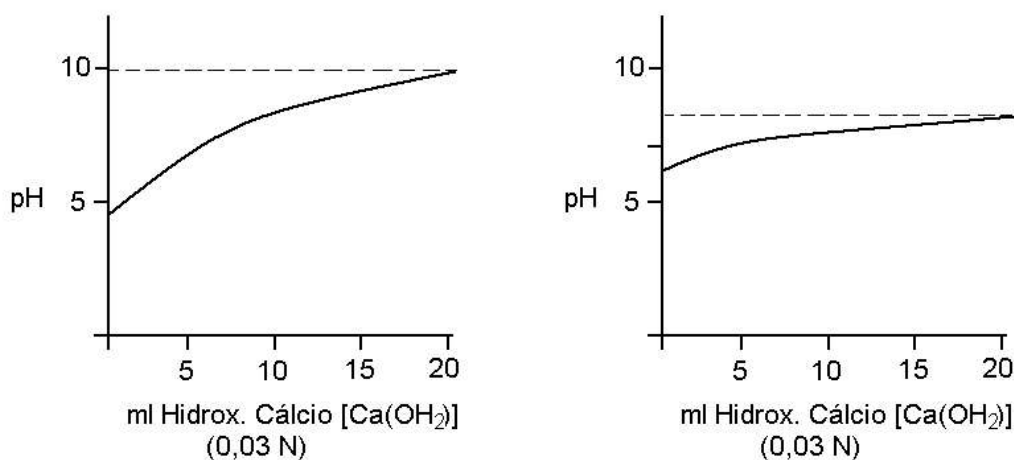
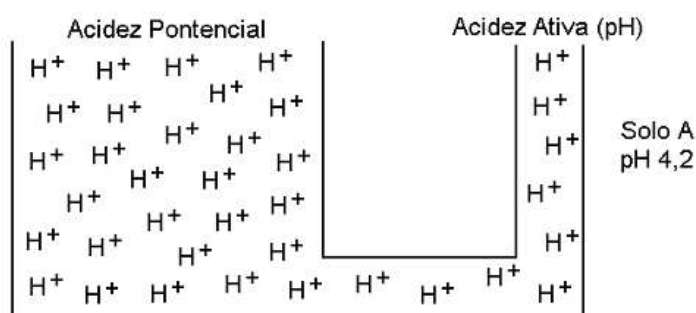
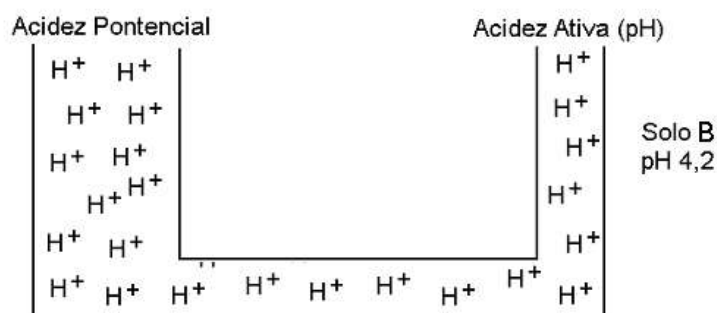


Figura 3. Poder tampão em dois solos.



Necessidade de calcário do solo A = 6,5 t ha<sup>-1</sup>



Necessidade de calcário do solo B = 2,8 t ha<sup>-1</sup>

H<sup>+</sup> = íons hidrogênio dissociados dos grupos - COOH e - OH da matéria orgânica e das reações de hidrólise do alumínio, principalmente.

Figura 4. Representação do poder de tamponamento de dois solos com a mesma acidez ativa (pH = 4,2) e diferente necessidade de calcário para elevar o pH a 6,0 em função da acidez potencial.

Tabela 3. Relação entre poder tampão e quantidade de calcário.

Solo A pH = 5,0	Solo B pH = 5,0
Alto teor de matéria orgânica	Baixo teor de matéria orgânica

Textura argilosa	Textura média ou arenosa
Maior acidez potencial	Menor acidez potencial
Maior poder tampão	Menor poder tampão
Maior necessidade de calcário	Menor necessidade de calcário

### 3. Origem da acidez do solo

Os solos tropicais são normalmente ácidos, seja pela ocorrência de precipitação suficientemente alta para lixiviar quantidades apreciáveis de bases trocáveis do solo, seja pela ausência de minerais primários e secundários responsáveis pela reposição dessas bases.

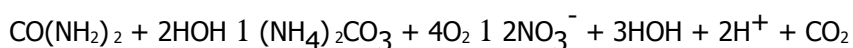
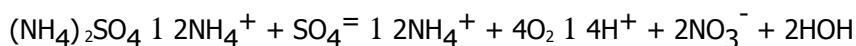
Além da ocorrência natural da acidez do solo, pelos motivos anteriormente expostos, o próprio cultivo tende a acentuar o problema, principalmente devido a absorção de cátions pelas raízes das plantas, deixando em seus lugares quantidades equivalentes de íons  $\text{H}_3\text{O}^+$ , ou simplesmente  $\text{H}^+$ . Também a atividade biológica produzindo ácidos e práticas agrícolas, como por exemplo a aplicação de fertilizantes acidificantes (nitrato e sulfato de amônio) resultam na acidificação devido à produção de  $\text{HNO}_3$  e/ou  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , apresentando esses fertilizantes índice de acidez, respectivamente, de 62 a 110\* (\* quantidade de carbonato de cálcio que deve ser adicionada ao solo para neutralizar a aplicação de 100 kg de fertilizantes).

De forma simplificada, a acidificação do solo consiste na remoção dos cátions básicos (Ca, Mg, K e Na) do sistema solo, substituindo-os por cátions ácidos (Al e H).

**3.1. Material de origem:** os solos serão naturalmente ácidos quando a rocha de origem for pobre em bases ou, então, quando mesma rica em bases, houve intenso processo de pedogênese. Neste último caso, uma condição de precipitação mais intensa, ao longo dos anos, promove grande **lixiviação das bases**, permanecendo no complexo de troca, predominantemente, os cátions H e Al. Essa é a situação apresentada por muitos latossolos originados de rochas básicas.

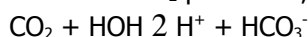
**3.2. Remoção de bases pelas colheitas:** o processo de colheita representa uma importante fonte de acidificação dos solos, uma vez que qualquer material vegetal é muito rico em bases. Por exemplo, a colheita de cerca de 1 tonelada/ha de grãos de feijão remove aproximadamente 40Kg/ha de bases.

**3.3. Uso de fertilizantes de reação ácida:** os fertilizantes aplicados ao solo, após reação dos mesmos, produzem significativa alteração no pH do solo. A maior alteração do pH do solo é promovida pelos fertilizantes nitrogenados amoniacais, ou por aqueles que resultam na formação de amônio no solo, como é o caso da uréia. O amônio adicionado ou formado no solo gera acidez conforme o esquema abaixo:

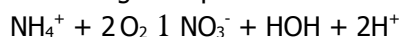


OBS: O sulfato de amônio possui índice de acidez de -110 Eq  $\text{CaCO}_3$ , ou seja, são necessários a aplicação de 110Kg de  $\text{CaCO}_3$  puro para corrigir a acidez gerada por 100Kg deste fertilizante.

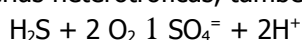
**3.4. Decomposição da matéria orgânica:** a decomposição da matéria orgânica gera acidez de diversas formas. O  $\text{CO}_2$  produzido, em solos com pH acima de 5,2, acidifica o solo, segundo as reações:



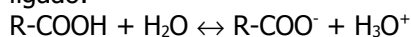
O  $\text{NH}_4^+$  produzido na decomposição da matéria orgânica pode acidificar o solo através da reação de nitrificação:

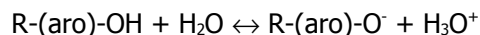


E, por fim, a oxidação do enxofre por bactérias autotróficas, partindo-se de compostos resultantes da decomposição da matéria orgânica por bactérias heterotróficas, também resulta na produção de íons  $\text{H}^+$  :

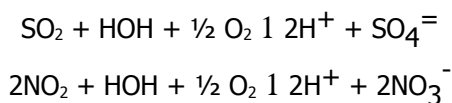


**3.5. Grupos ácidos da matéria orgânica:** a superfície da matéria orgânica presente nos solos apresenta-se repleta de grupos funcionais, dos quais, os mais importantes, em relação à capacidade de produzir efeitos sobre o pH do meio, são os grupos carboxílicos (R-COOH) e os fenólicos (R(aromáticos)-OH). A capacidade de liberar  $\text{H}^+$  para o meio acidificando-o vai depender do grupo R presente. Este, depende da estrutura à qual está ligado:





**3.6. Chuva ácida:** a emissão de óxidos de enxofre e de nitrogênio por refinarias de petróleo, termoelétricas, siderurgias e outras fontes poluidoras da atmosfera resulta na chuva ácida, representando mais um processo de acidificação dos solos. Esses óxidos carregados para o solo pela chuva sofrem oxidação formando ácidos fortes. De forma simplificada, temos:



**3.7. Planta:** no processo de absorção de nutrientes a planta pode alterar o pH do solo através da liberação de  $\text{H}^+$  ou  $\text{OH}^-$ , em função do balanço entre a absorção de cátions e ânions, dado a necessidade do balanço eletroquímico tanto no citoplasma das células da raiz quanto na solução do solo. A maior influência na relação de absorção entre cátions e ânions é exercida pelo nitrogênio, que é grandemente absorvido e o único que pode ser absorvido na forma catiônica ou aniônica. Uma maior absorção da forma nítrica causa uma elevação do pH da solução, enquanto que a maior absorção da forma amoniacal resulta no abaixamento do pH.

Esse efeito das raízes tende a ser mais importante ao redor das mesmas, ou melhor, as raízes tendem a criar um microambiente de pH na sua vizinhança (rizosfera), o qual pode diferir em muito do pH do solo adjacente.

#### 4. Efeitos prejudiciais da acidez do solo (causas do pouco crescimento das plantas em solos ácidos e alcalinos)

O crescimento da maioria das plantas é drasticamente reduzido, tanto sob acidez quanto alcalinidade excessivas. Em qualquer uma das condições, normalmente, são várias as causas da baixa produção vegetal. Ademais, é preciso considerar que as causas variam com o próprio pH do solo, com a textura e mineralogia do solo, com o teor e tipo de matéria orgânica e com a espécie ou, até mesmo com o genótipo dentro de uma mesma espécie.

A acidez excessiva do solo afeta o desenvolvimento das plantas e conseqüentemente queda na produção agrícola devido a:

- Baixos teores de cálcio e magnésio do solo;
- Presença de elementos tóxicos como o alumínio e manganês (maior solubilidade destes);
- Baixo aproveitamento dos nutrientes pelas plantas;
- Menor atividade dos microrganismos decompositores da matéria orgânica (amonificação e nitrificação);
- Redução da fixação simbiótica de N pelas leguminosas;
- Maior adsorção de fósforo;
- Baixa CTC efetiva;
- Menor agregação dos solos argilosos, resultando em baixa permeabilidade e aeração.

As condições de alcalinidade elevada são muito menos comuns na agricultura brasileira. Na verdade, muitas vezes, tal condição ocorre devido a calagem mal recomendada, ou seja, uso, excessivo de calcário.

Basicamente, a principal causa limitante do baixo crescimento das plantas em solos alcalinos é a baixa disponibilidade de micronutrientes catiônicos, notadamente de Fe, Mn e Zn. Dentre os macronutrientes, o P é o mais afetado.

#### 4.1. ALGUMAS CONSIDERAÇÕES IMPORTANTES:

a) pH x culturas x tipo de solo:

Os níveis desejáveis de pH variam de cultura para cultura, e mesmo dentro da mesma cultura, de cultivar para cultivar, sendo que algumas culturas se adaptam a baixos valores de pH (Tabelas 4 e 5). Pode-se observar nas tabelas abaixo que muitas culturas se desenvolvem melhor quando o pH está entre 6,0 e 7,0, mas a acidez não prejudica todas as culturas. Algumas culturas são adaptadas a baixos valores de pH.

Tabela 4. Valores de pH para diferentes culturas

pH	Culturas
5,0 – 6,0	abacaxizeiro, batata inglesa, batata doce, melancia, eucalipto, pinus
6,0 – 6,5	grande maioria das culturas
6,5 – 7,0	alfafa, aspargo, trevo

Tabela 5. Produção relativa de algumas culturas no Brasil, em função do pH (produção máxima obtida = 100).

Cultura	pH				
	4,7	5,0	5,7	6,8	7,5
Milho	34	73	83	100	85
Trigo	68	76	89	100	99

Aveia	77	93	99	98	100
Centeio	0	23	80	95	100
Alfafa	2	9	42	100	100
Trevo doce	0	2	49	89	100
Trevo vermelho	12	21	53	98	100
Soja	65	79	80	100	93
<b>Média</b>	<b>32,3</b>	<b>47,0</b>	<b>71,9</b>	<b>97,5</b>	<b>97,1</b>

Fonte: Maravolta, 1983.

As propriedades do solo diferem de tipo para tipo, por isso o pH ideal em uma região pode não ser o mesmo em outra região. Estas diferenças estão relacionadas principalmente com o tipo de argila.

Algumas culturas tais como batata inglesa, soja, trigo podem ser afetadas por doenças e/ou deficiências de micronutrientes se o pH do solo fica abaixo ou acima de suas necessidades individuais.

Portanto, o conhecimento do solo e da cultura é essencial para atingir o pH ótimo e as necessidades reais de calcário.

Uma calagem em excesso pode ser tanto ou mais prejudicial que baixas faixas de pH. Uma super calagem eleva o pH acima da faixa ideal, satura o complexo de troca com cálcio e magnésio, induzindo deficiências de vários nutrientes.

Algumas culturas são mais sensíveis à presença de elementos tóxicos do que propriamente a faixa de pH e este ponto deve ser considerado para um manejo correto do solo. Bons resultados têm sido obtidos com a neutralização da toxidez de alumínio realizada com dose mediana de calagem, do que com a elevação do pH a valores altos com doses elevadas (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito do Al trocável no crescimento da alfafa.

<b>Calcário (t/ha)</b>	<b>pH</b>	<b>Al (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Ca+Mg (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>)</b>	<b>Colheita (3 anos) t/ha</b>
0	4,9	0,74	1,24	0,58
1,12	5,3	0,40	2,26	8,80
<b>2,25</b>	<b>5,7</b>	<b>0,14</b>	<b>3,15</b>	<b>15,60</b>
<b>4,50</b>	<b>5,7</b>	<b>0,12</b>	<b>3,24</b>	<b>17,00</b>
9,00	6,2	0,10	3,62	17,40
18,00	6,5	0,03	4,74	17,40
36,00	6,8	0,02	5,98	18,00

Fonte: Moschler et al. S.S.S.A.P. 24:507-509, 1960.

Pela tabela acima pode-se verificar o efeito mais marcante do Al do que o pH na produção de alfafa. A toxicidade de alumínio é o fator limitante mais importante no crescimento de plantas em solos ácidos, pois afeta o crescimento de raízes e este efeito causa uma série de problemas:

- ✓ Reduz a absorção de vários nutrientes, principalmente P e Ca;
- ✓ Ineficiência no uso da água pelas plantas;
- ✓ Efeito negativo na associação simbiótica entre leguminosas e bactérias fixadoras de N<sub>2</sub>.

- b) O efeito direto de íons H<sup>+</sup> no crescimento das plantas é difícil de ser determinado nas condições de solos: Estudos em solução nutritiva mostraram que os efeitos prejudiciais dos íons H<sup>+</sup> são na absorção insuficiente de cátions e danificação da estrutura da membrana celular.
- c) A toxicidade de manganês ocorre em pH menor que 5,5 e depende diretamente do teor de manganês total do solo, que por sua vez está em função do material de origem e também do pH, aeração, teor de matéria orgânica e atividade microbiana. Não se deve esquecer que o manganês é elemento essencial e portanto a calagem deve mantê-lo em nível suficiente, para que não haja deficiência.
- d) A baixa disponibilidade de cálcio, magnésio e potássio se deve a remoção constante de bases do sistema.
- e) No caso do cálcio, o alumínio o reduz o crescimento radicular e para constante absorção de cálcio é necessário constante crescimento radicular.
- f) No caso do fósforo, o alumínio reduz a absorção e utilização do P → a redução no crescimento radicular limita a aquisição de P pelas plantas.
- g) No caso do molibdênio, em solos ácidos o pouco crescimento das plantas, principalmente as leguminosas, está relacionado com a deficiência de Mo, devido a menor fixação de N<sub>2</sub>, pois o Mo é ativador da redutase do nitrato e também da nitrogenase.
- h) Mecanismos de tolerância de Al pelas plantas:
  - ✓ As plantas não absorvem (seletividade???)
  - ✓ Absorvem mas não transloca para a parte aérea;
  - ✓ Eliminam OH<sup>-</sup>, fazendo com que o pH do meio se eleve e precipite o Al em forma de seu hidróxido.

#### 4.1. Problemas Causados pela Acidez do Solo



Dos elementos componentes da acidez do solo, o H é essencial, ou seja, as plantas necessitam dele para seu crescimento, entretanto, o H é absorvido na forma de água da solução do solo, o outro, o Al, é um elemento que em excesso é tóxico. Assim, para o estudo dos prejuízos da acidez dos solos deve-se considerar os efeitos diretos e indiretos da acidez, principalmente devido a acidez ativa (pH) e o efeito de excesso de Al.

### Efeitos Diretos e Indiretos do pH

1. Em valores extremos de pH as plantas morrem ou apresentam acentuada diminuição do crescimento.
2. A pH 3,0 a absorção de macronutrientes caiu drasticamente (competição com H<sup>+</sup>), tendo havido, em alguns casos, perda de P, K e Mg. No pH 9,0 houve acentuada queda na absorção de P (competição com OH<sup>-</sup>).
3. A pH 4,0 houve diminuição do prejuízo, devido ao Ca. O Ca estimula absorção de K e, aparentemente, diminui a competição do H<sup>+</sup> com os demais cátions.
4. o crescimento máximo foi verificado entre pH 6 a 7.

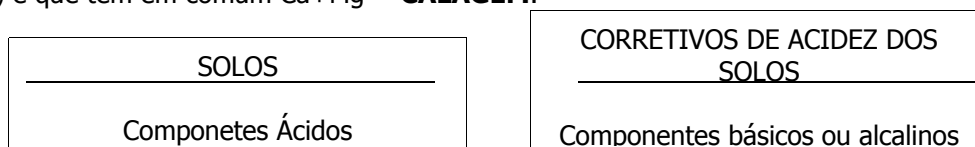
Como efeito indireto do pH está o relacionamento da quantidade de H<sup>+</sup> alterando a solubilidade dos demais nutrientes no solo, principalmente a dos micronutrientes que em demasia tornam-se tóxicos às plantas.

### Efeito do pH sobre a disponibilidade de nutrientes - O que acontece?

- A. Nitrogênio  
A disponibilidade aumenta devido ao efeito favorável à mineralização da matéria orgânica.
- B. Fósforo  
a)  $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Solos ácidos)  
b)  $10\text{Ca}^{2+} + 6\text{H}_2\text{PO}_4^- + 14\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2 + 12\text{H}_2\text{O}$  (Solos alcalinos)
- C. Potássio, Cálcio, Magnésio e Cloro  
a) Nenhum efeito direto do pH.  
b) Efeito indireto, com a lixiviação ocorre diminuição das bases e o aumento da acidez. Pelo contrário, o aumento da CTC dependente do pH faz com que a lixiviação destes cátions diminua.
- D. Enxofre  
 $\text{SO}_4^{2-}$  adsorvido pelos óxidos de Fe e de Al é liberado pela elevação do pH.  
A decomposição da matéria orgânica, liberando S, é favorecida pela elevação do pH.
- E. Ferro, Manganês, Cobre e Zinco  
a)  $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3$   
b)  $\text{Mn}^{2+} + 4\text{OH}^- \leftrightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^-$   
c)  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$   
d)  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \leftrightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$
- F. Boro  
a) Abaixo de pH 7,0 há pouco efeito sobre a disponibilidade de B, pois o ácido bórico não se dissocia.  
b) Acima de pH 7,0, há decréscimo na solubilidade e o  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  é adsorvido por troca de ligantes com OH<sup>-</sup>.  
$$\text{B}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{B}(\text{OH})_4^- + \text{H}^+$$
- G. Molibdênio  
O  $\text{MoO}_4^{2-}$  é adsorvido pelos óxidos de Fe e Al em solos ácidos e é deslocado pelo OH<sup>-</sup> com a elevação do pH, da seguinte forma:  
$$\text{Fe-MoO}_4 + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{FeOH} + \text{MoO}_4^-$$

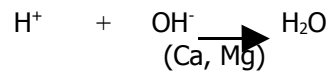
### 5. Correção da acidez do solo

Consiste na aplicação no solo de materiais que neutralizam a acidez, ou seja, uso de materiais de reação básica (OH<sup>-</sup>) e que tem em comum Ca+Mg = **CALAGEM**.



Geram

Geram



### 5.1. Importância da calagem (efeitos da calagem ou da neutralização da acidez dos solos)

1. Insolubilização do Al tóxico
2. Insolubilização do Mn tóxico
3. Fornecimento de Ca
4. Fornecimento de Mg
5. Aumento da disponibilidade dos nutrientes no solo
6. Aumento no aproveitamento dos nutrientes pelas plantas
7. Diminuição da fixação de P
8. Aumento da atividade microbiana: decomposição da matéria orgânica, fixação do N.
9. Melhoria das condições do solo para a aplicação do gesso agrícola

10. Aumento da eficiência dos fertilizantes

**Aumento da produtividade**

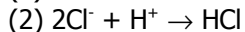
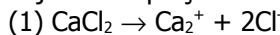
### 5.2. Corretivos (calcários)

Os corretivos de acidez são:

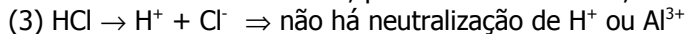
- a) Carbonatos de cálcio e magnésio: São pouco solúveis ( $\text{CaCO}_3 = 0,014\text{g/l}$  e  $\text{MgCO}_3 = 0,106\text{g/l}$  a  $25^\circ\text{C}$ ).
- b) Óxidos e hidróxidos de cálcio e magnésio: São mais solúveis que os carbonatos [ $\text{Ca}(\text{OH})_2 = 1,85\text{g/l}$  a  $01^\circ\text{C}$  e  $\text{Mg}(\text{OH})_2 = 0,09\text{g/l}$  a  $18^\circ\text{C}$ ].
- c) Escórias de siderurgia (subprodutos da indústria do ferro e aço):  $\text{CaSiO}_3$ ,  $\text{MgSiO}_3$
- d) Calcário calcinado (Calcinação: transformação dos carbonatos em óxido ou hidróxido)
- e) Calcário "filler": calcário fino, com PRNT = 100%
- f) Margas (depósitos terrestres de  $\text{CaCO}_3$ ), sambaquis e corais (depósitos marinhos de  $\text{CaCO}_3$ ): ação neutralizante semelhante ao  $\text{CaCO}_3$  dos calcários.
- g) Magnesitas:  $\text{MgCO}_3$

Nem todo material que contenha cálcio e/ou magnésio serve para neutralizar a acidez – devido a:

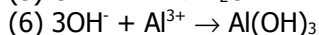
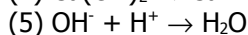
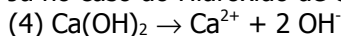
Sejam as equações a seguir:



Como o HCl é um ácido forte, permanece dissociado,



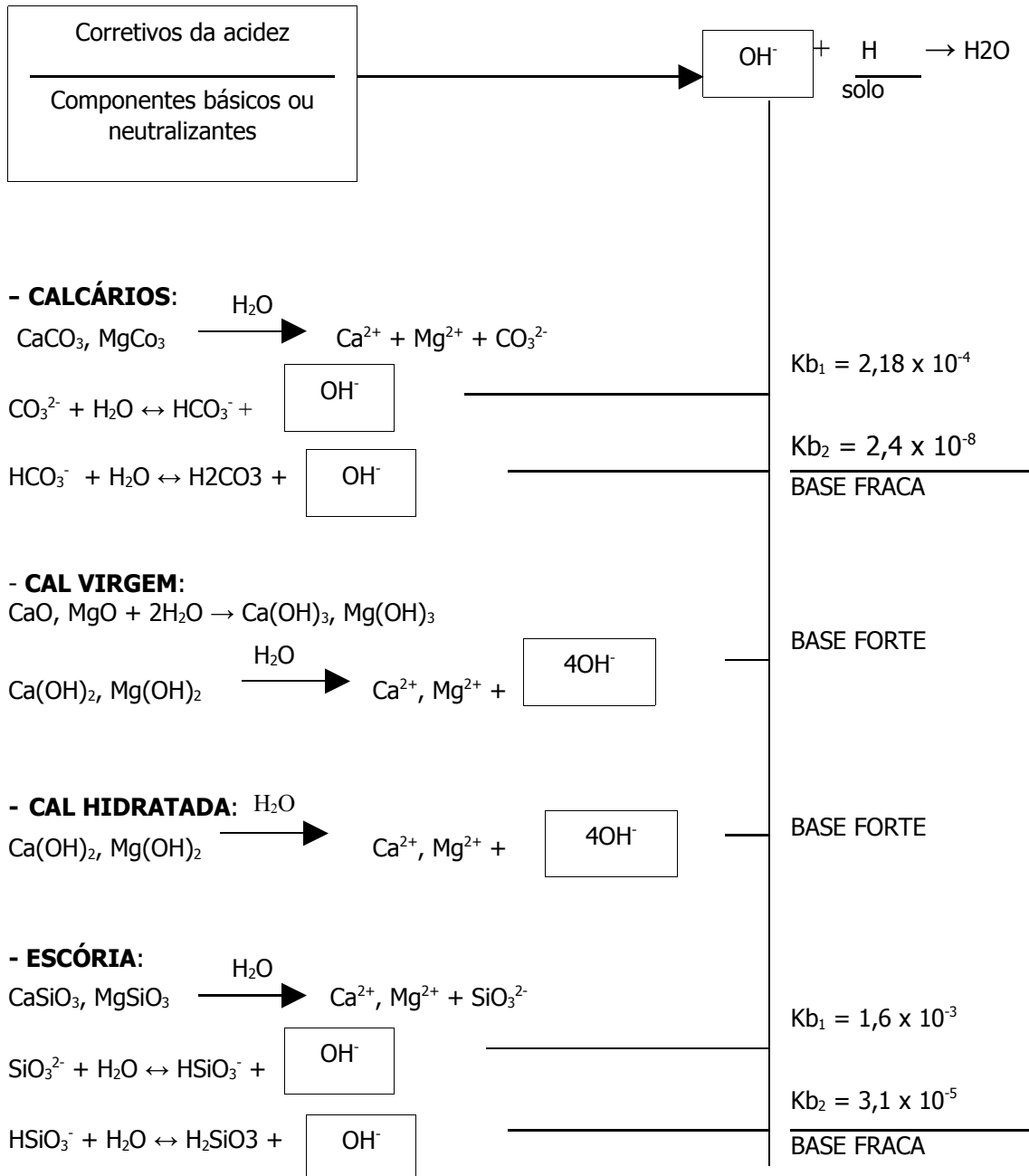
Já no caso do Hidróxido de cálcio ocorre:



Analisando as equações acima, pode-se tirar as seguintes conclusões:

- a) o ânion e não o cátion é responsável pela neutralização da acidez do solo;
- b) não é qualquer ânion que consegue neutralizar a acidez, tem que ser um ânion derivado de ácido fraco.

\* Portanto, nem todo material que contenha cálcio e/ou magnésio serve para neutralizar a acidez.

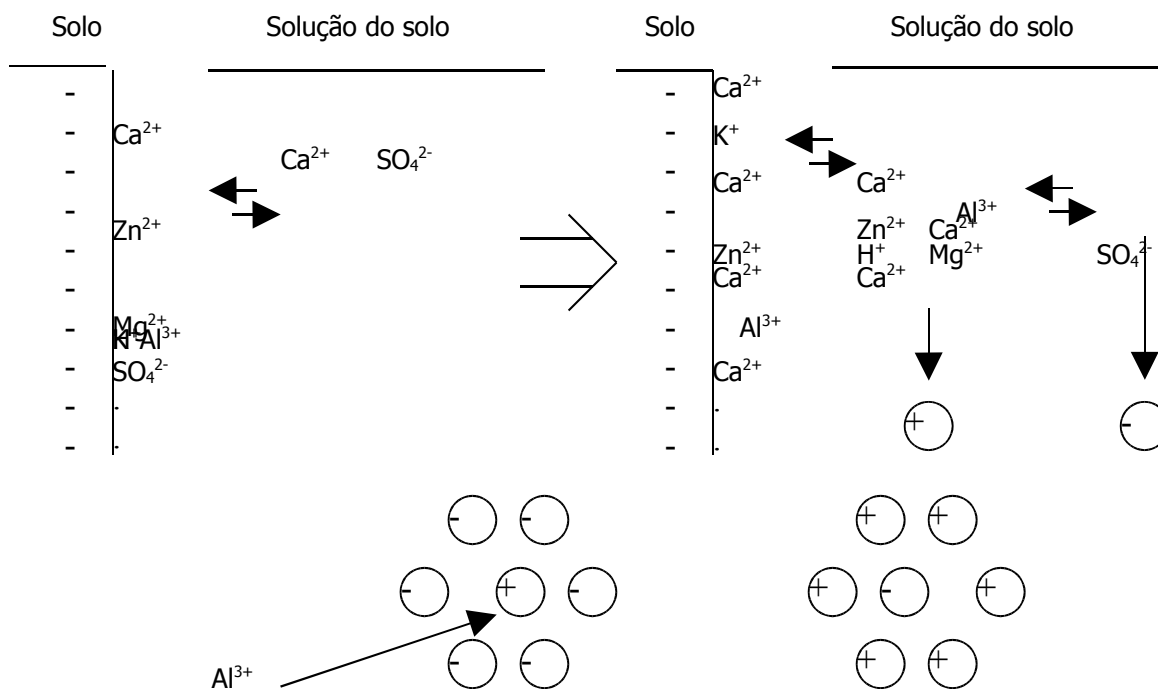
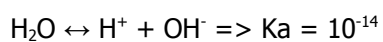
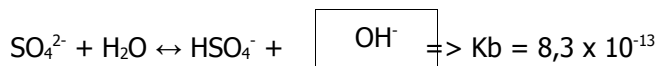


$\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  não são neutralizados  $\rightarrow$  São nutrientes vegetais.

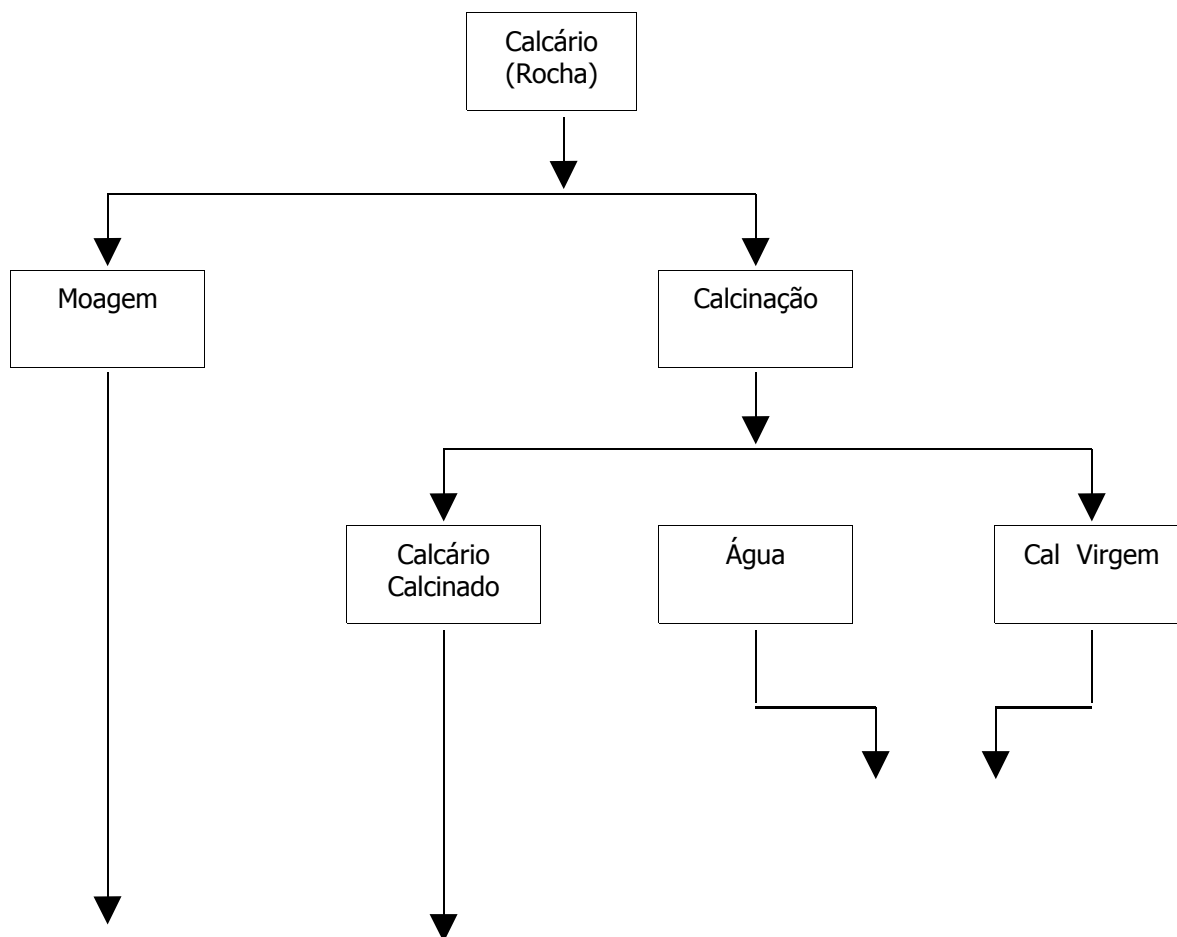
- Calcário Calcinado:  $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3, \text{CaO}, \text{MgO}, \text{Ca(OH)}_2, \text{Mg(OH)}_2$
- Calcário "FILLER" (Fino):  $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$
- Margas, Sambaquis e Corais:  $\text{CaCO}_3$
- Magnesita:  $\text{MgCO}_3$

OBS: o gesso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) não é corretivo de acidez.





**ROTAS PARA A PRODUÇÃO DE CORRETIVOS DE ACIDEZ**



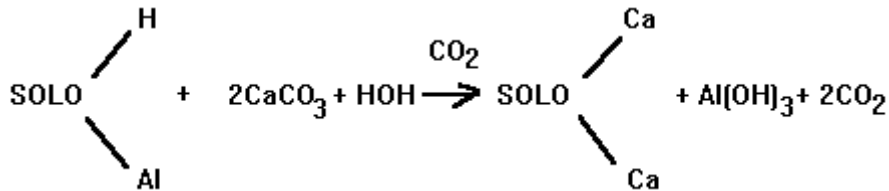
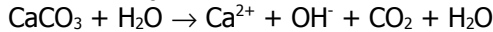
Cal Hidratada

### 5.3. Reações de neutralização da acidez do solo FINAL COMO CORRETIVO DE ACIDEZ

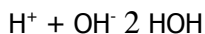
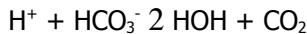
#### 5.3.1. Aspectos gerais:

#### 5.3.2. Reações:

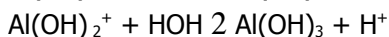
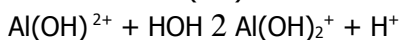
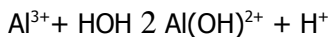
A neutralização de um solo ácido com calcário pode ser representada pela reação:



O calcário aplicado ao solo forma os íons  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{CO}_3^{2-}$ . Este último se hidroliza, formando íons hidroxila ( $\text{OH}^-$ ), água e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). O  $\text{Ca}^{2+}$  desloca o  $\text{Al}^{3+}$  do complexo de troca para a solução do solo, enquanto os íons  $\text{H}^+$  podem se dissociar dos sítios de troca (acidez não-trocável) pela ação direta dos íons  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{OH}^-$ :



Em solução, os íons  $\text{Al}^{3+}$  se hidrolizam até a formação de  $\text{Al(OH)}_3$  (de forma simplificada):



Portanto, os efeitos do calcário são a neutralização do alumínio trocável, transformando-o numa forma não assimilável pelas plantas por ser insolúvel, e transformação de CTC bloqueada pelo hidrogênio em CTC efetiva, aumentando a saturação por bases (V%). Com a neutralização de parte do H adsorvido à CTC, ocorre elevação do pH do solo.

A velocidade de reação do calcário depende do grau de acidez do solo, da granulometria do corretivo e da incorporação do calcário com o solo.

#### 5.4. Características dos materiais corretivos - escolha do calcário.

O calcário é comercializado com base no peso do material, portanto a escolha do corretivo a aplicar deve levar em consideração o uso de critérios técnicos (características do calcário) e econômicos, procurando maximizar os benefícios e minimizando os custos.

Na qualidade do calcário se deve considerar a capacidade de neutralizar a acidez do solo (PN), a reatividade do material, que considera sua natureza geológica e sua granulometria, e o conteúdo de nutrientes, especialmente de Mg, pois estas variam muito entre as diferentes jazidas e influem na eficácia da calagem.

A máxima eficiência técnica e econômica da calagem está diretamente ligada com as seguintes características dos corretivos:

**a) Poder de Neutralização (PN):** é determinado por neutralização direta com ácido clorídrico em laboratório e o Valor de Neutralização (VN) é calculado, através de fórmula. O PN é um pouco menor que VN talvez devido à presença de Ca e Mg em compostos químicos que não neutralizam a acidez. É uma característica química e representa a capacidade do corretivo em neutralizar a acidez quando comparado com o  $\text{CaCO}_3$  puro (VN = 100%), por isso  $\text{PN} = \text{Eq CaCO}_3$  (equivalente  $\text{CaCO}_3$ ). Por lei o valor mínimo de PN para ser comercializado é de 67% e isto significa que cada 100g do material equivale, em neutralização, a 67g de  $\text{CaCO}_3$ .

O PN depende basicamente dos teores de CaO e MgO do corretivo, podendo ocorrer materiais com PN maior que 100%, como o calcário calcinado, por exemplo. Mesmo que o corretivo não seja composto de óxidos de cálcio e magnésio (como o calcário, por exemplo, que se compõe de carbonatos), a composição será expressa em % CaO e % MgO.

OBS.: O  $\text{CaCO}_3$  corretivo utilizado com o padrão de referência pois apresenta uma coincidência numérica que facilita os cálculos: 1 meq  $\text{CaCO}_3$ /100  $\text{cm}^3$  solo representa 0,05 g em peso e equivale a 1 t/ha (0-20 cm).

$$\begin{array}{l} 1 \text{ meq } \text{CaCO}_3 \rightarrow 0,05 \text{ g (50 mg) } \text{CaCO}_3 \\ 20 \text{ meq } \text{CaCO}_3 \rightarrow \end{array} \quad x$$

$$x = 1000 \text{ kg } \text{CaCO}_3 = 1 \text{ t}$$

### FATOR DE CALAGEM OU CÁLCULO DA NECESSIDADE DE CALAGEM (NC):

1 ha a 20 cm de profundidade contém  $10.000 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} = 2.000 \text{ m}^3$  de terra  
 1  $\text{cmol}_c / \text{dm}^3 \text{ CaCO}_3 = 500 \text{ mg} / \text{L } \text{CaCO}_3 = 500 \text{ kg} / 1000 \text{ m}^3 = 1 \text{ t} / 2000 \text{ m}^3 = 1 \text{ t} / \text{ha}$

Logo,  
 1  $\text{cmol}_c / \text{dm}^3 \text{ CaCO}_3 = 1 \text{ t} / \text{ha}$

Outro modo:

1 meq  $\text{CaCO}_3$  neutraliza 1 meq de  $\text{Al}^{3+}$

Então, pergunta-se:

Quantos kg/ha de  $\text{CaCO}_3$  são necessários para neutralizar cada meq  $\text{Al}^{3+} / 100 \text{ cm}^3$  de solo?

1 meq  $\text{Al}^{3+} - 100 \text{ g}$  (ou  $100 \text{ cm}^3$ )

$$x \quad - 1 \text{ ha ( } 100 \times 100 \times 0,2 \times 1) = 2.000 \text{ m}^3$$

$$x = 20 \text{ eq kg } \text{Al}^{3+} / \text{ha}$$

Assim, 20 eq kg  $\text{CaCO}_3$  neutraliza 20 eq kg  $\text{Al}^{3+} / \text{ha}$ .

- E quanto é 20 eq kg  $\text{CaCO}_3$ ?

\*\* Peso equivalente do  $\text{CaCO}_3 = 50 \text{ kg}$

1 eq kg  $\text{CaCO}_3 - 50 \text{ kg } \text{CaCO}_3$

20 eq kg  $\text{CaCO}_3 - x$

$$x = 1000 \text{ kg } \text{CaCO}_3 = 1 \text{ t} / \text{ha}$$

Assim:

1  $\text{cmol}_c / \text{dm}^3 \text{ CaCO}_3 = 1 \text{ t} / \text{ha}$

Lembrando sempre que:

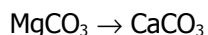
1 meq/100  $\text{cm}^3 = 1 \text{ cmol}_c / \text{dm}^3$

Tabela 7. O PN de alguns materiais corretivos puros.

Material Corretivo	PN (%)
$\text{CaCO}_3$	100
$\text{MgCO}_3$	119
$\text{Ca(OH)}_2$	136
$\text{Mg(OH)}_2$	172
CaO	179
MgO	248
$\text{CaSiO}_3$	86
$\text{MgSiO}_3$	100

Isto quer dizer que 100g de, por exemplo,  $\text{MgCO}_3$ , tem o mesmo PN que 119g de  $\text{CaCO}_3$ .

Da seguinte forma:



$$84 \text{ g} \rightarrow 100 \text{ g}$$

$$100 \text{ g} \rightarrow x$$

$$x = 119 \%$$

Assim:

- 100 Kg de CaO equivalem a 179 Kg de  $\text{CaCO}_3$ .

- 100 Kg de MgO equivalem a 248 Kg de  $\text{CaCO}_3$ .

- 100 Kg de  $\text{CaSiO}_3$  equivalem a 86 Kg de  $\text{CaCO}_3$ .

O PN também pode ser calculado em função dos teores de CaO e MgO do produto, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{PN (Eq. } \text{CaCO}_3) = [\% \text{ CaO} \times 1,79] + [\% \text{ MgO} \times 2,48]$$

Ex.: Calcário com 35% CaO e 16% MgO  
 $PN = (35 \times 1,79) + (16 \times 2,48)$   
 $PN = 102,3\%$  equivalente ao  $CaCO_3$

OBS.:  $1,79 = \frac{\text{peso molecular } CaCO_3}{100} =$   
 " CaO 56  
 $2,48 = \frac{\text{peso molecular } CaCO_3}{100} =$   
 " MgO 40,3

**b) Eficiência relativa ou granulométrica do calcário ou reatividade (RE):**

É uma característica física associada à granulometria do calcário; representa a velocidade de sua ação no solo, ou seja, a rapidez com que corrige a acidez. Foram determinadas taxas de reatividade para as diferentes frações granulométricas, isto é, o percentual de ação do calcário no solo num período de 03 meses.

De acordo com o quadro abaixo, observa-se que as frações maiores que 2 mm não tem efeito considerável na correção da acidez; 80% de 2 - 0,84 (10 - 20) e 40% de 0,84 - 0,30 (20 - 50) continuarão agindo no solo + lentamente, após o período de 3 meses; e as frações maiores que 0,30 reagem totalmente em 3 meses.

Tabela 8. Fração granulométrica e reatividade de corretivos.

Fração granulométrica		Taxa de Reatividade (%)
Peneira nº (ABNT)	Dimensão (mm)	(RE)
> 10	> 2	0
10 - 20	2 - 0,84	20
20 - 50	0,84 - 0,30	60
< 50	< 0,30	100

Assim, a RE é calculada pela seguinte fórmula:

$$RE (\%) = (A \times 0,0) + (B \times 0,2) + (C \times 0,6) + (D \times 1,0)$$

onde:

A = fração retida na peneira 10 (reatividade 0)

B = fração retida na peneira 20 (reatividade de 20%)

C = fração retida na peneira 50 (reatividade de 60%)

D = fração que passa por todas as peneiras (reatividade de

100%)

Pela Legislação brasileira os calcários para serem comercializados têm que ter valores mínimos de  $PN = 67\%$ ,  $PRNT = 45\%$  e  $CaO + MgO = 38\%$ .

**c) PRNT:** combinando-se o PN com a reatividade (granulometria = RE) de um calcário, tem-se o seu Poder Relativo de Neutralização Total, que estima quanto de calcário irá reagir rapidamente no solo (em um período de aproximadamente 3 a 4 meses). A fórmula para se calcular o PRNT é a seguinte:

$$PRNT(\%) = \frac{PN \times RE}{100}$$

100

Ex.:  $PN = 97\%$   
 $RE = 80\%$   
 $PRNT = \frac{97 \times 80}{100}$

100

$$PRNT = 77,6\%$$

Os calcários são classificados de acordo com o PRNT, da seguinte forma:

Faixa A: 45 a 60%

Faixa B: 60 a 70%

Faixa C: 70 a 90%

Faixa D: > que 90%

$$\begin{array}{c} \text{PN} \times \text{RE} = \text{PRNT} \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \\ 100\% \times \frac{70\%}{100} = 70\% \end{array}$$

$$80\% \times \frac{87\%}{100} = 70\%$$

$$\begin{array}{c} 70\% \times \frac{100\%}{100} = 70\% \\ \downarrow \quad \downarrow \quad \downarrow \end{array}$$

$$70\% \times \frac{100\%}{100} = 70\%$$

$$100\% \times \frac{100\%}{100} = 100\%$$

$$135\% \times \frac{100\%}{100} = 135\%$$

PARA CALCÁRIOS	
AÇÃO DO PN	
3 meses	posterior
70%	30%

70%	10%
-----	-----

70%	0%
-----	----

---

**PARA CALCÁRIO FINO, CALCINADO,  
CAL VIRGEM E HIDRATADA**  
(RE >> 100%)

70%	0%
-----	----

**AÇÃO DO PN**

"imediate" 100%	0% posterior
--------------------	--------------

135%	0%
------	----

#### ATRIBUTOS DE QUALIDADE DOS CORRETIVOS DE ACIDEZ

- Natureza química: Carbonatos, Óxidos, Hidróxidos, Silicatos.

- Poder de neutralização (PN)

- Teores de Cálcio e Magnésio

- Granulometria





- Solubilidade  
 - Reatividade (RE)  
 - Efeito residual  
 - Poder relativo de neutralização total (PRNT):

$$\text{PRNT} = \text{PN} \times \text{RE}$$

**d) Teor de magnésio:** Um dos fatores limitantes de um solo ácido é, geralmente, o seu baixo conteúdo de Ca e/ou Mg disponíveis. Assim, a aplicação de um calcário que contenha Mg terá, aliada ao seu efeito neutralizante da acidez, a adição de Mg, o que evidentemente não acontece quando se utiliza calcário calcítico, pobre em Mg. Não se deve descartar o uso de calcários calcíticos, pois, pode-se fazer seu uso como corretivo e complementar a adubação com fertilizantes que contenha Mg, como o sulfato de Mg ou Carbonato e mesmo o óxido de Mg. Algumas vezes o calcário rico em Mg chega ao agricultor mais caro do que o calcário calcítico.

Tabela 9. Classificação dos calcários de acordo com os teores de MgO.

Calcários	% CaO	% MgO
Calcítico	40-45	< 5
Magnesiano	30-40	6 - 12
Dolomítico	25-30	> 13

❖ Mg no solo < 0,5 meq/100 cm<sup>3</sup> 1 escolher calcários + ricos em Mg (dolomítico).

A relação CaO:MgO do corretivo é muitas vezes mais importantes do que a quantidade do corretivo. A relação ideal sofre alteração de acordo com o solo e segundo as culturas, sendo algumas espécies mais exigentes em relações estreitas e outras tolerando corretivos com mais Ca do que Mg. Uma relação comumente recomendada apresenta teores de CaO e MgO próxima de 3:1 a 4:1.

**e) Preço:** O calcário é comercializado com base no peso (t) e qualidade (PRNT), portanto cabe ao técnico avaliar as várias alternativas de qualidade e de preço oferecidas no mercado para decidir qual a solução mais adequada técnica e economicamente. A decisão final deverá considerar o preço por tonelada efetiva do corretivo, sendo que o mais econômico é aquele que apresentar o menor custo por unidade de PRNT.

Preço por tonelada efetiva =  $\frac{\text{Custo/t do produto colocado na propriedade} \times 100}{\text{PRNT do produto}}$

Na literatura, encontra-se outra maneira de calcular o custo efetivo:

Preço efetivo =  $\frac{\text{custo do calcário no moinho} \times 100}{\text{PRNT}}$  + CT  
 (posto na fazenda)

em que:

CT = custo do transporte (frete)

QUAL O MELHOR CORRETIVO?

⇒ O que der maior lucro!

Observar:

- Aspectos técnicos: teor de Ca e Mg, efeito residual, reatividade, natureza química e aplicação (manejo).
- Aspectos econômicos: menor custo do PRNT.

O efeito de um corretivo no solo depende:

- Umidade do solo;
- Mistura do corretivo com o solo ⇒ aplicação
  - Distribuição
  - Incorporação

## 6. Cálculo da necessidade de calagem

Devido à influência da calagem sobre a eficiência da adubação, melhorando o ambiente radicular e facilitando a absorção dos nutrientes fornecidos por ela, a necessidade ou não de calagem deve ser o primeiro aspecto a ser avaliado quando se interpreta um análise de solo.

Entretanto, a utilização dos resultados analíticos para recomendações compreende algumas etapas, puramente mecânicas, ou seja, cálculos a serem feitos.

Existem programas de computador que fazem tais cálculos automaticamente, mas o profissional cuidadoso pela qualidade dos seus serviços não pode depender exclusivamente do computador, sendo muito importante que saiba como são obtidos os resultados fornecidos pelos computadores, afinal se faltar energia...

Existem no Brasil, três métodos de recomendação, aplicados de acordo com a região. Foram especificados de acordo com vasta pesquisa agrônômica que determinou qual a melhor metodologia para cada região. São eles: método do índice SMP, método do alumínio trocável e método da saturação por(de) bases (V%).

Os métodos recomendam calcário considerando:

- a. PRNT = 100 %
- b. Prof. incorp. = 0-20 cm
- c. em t/ha

Então, caso o calcário seja adquirido com PRNT diferente de 100%, ou seja incorporado numa profundidade maior ou menor que 20 cm, é necessário fazer a correção da dose a ser aplicada da seguinte forma:

- a. Para o PRNT diferente de 100%

$$f = 100 / \text{PRNT}_{\text{comercial}}$$

f = fator de correção da dose recomendada;

$\text{PRNT}_{\text{comercial}}$  = Poder relativo de neutralização total do calcário comercial

Ex: recomendação de 2,0 t/ha e calcário com PRNT de 80%, tem-se os seguintes cálculos:

$$f = 100 / 80 = 1,25$$

$$\text{Dose corrigida} = 2,0 \times 1,25 = 2,5 \text{ t/ha}$$

- b. Para profundidades diferentes de 20 cm:
  - Incorporação a 10 cm: dose recomendada x 0,5
  - Incorporação a 30 cm: dose recomendada x 1,5
  - Incorporação a 40 cm: dose recomendada x 2,0

Ex: recomendação de 2,0 t/ha, a uma profundidade de 10 cm:

$$\text{Dose corrigida} = 2,0 \times 0,5 = 1 \text{ t/ha}$$

Tabela 10. Resumo da situação das metodologias de recomendação em relação às diversas regiões agrícolas brasileiras.

Método	Generalidades	Cálculo	Onde é usado
<b>Método do Índice SMP</b>	O pH de equilíbrio de uma suspensão de solo com a solução SMP é usado em tabelas que fornecem a dose de calcário	Ver tabela	RS e SC
<b>Neutralização do alumínio</b>	A quantidade de calcário é calculada para insolubilizar os íons $\text{Al}^{3+}$ trocáveis e elevar os teores de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$	Minas Gerais: NC: $\text{Y} \times \text{Al} + [\text{X} - (\text{Ca} + \text{Mg})]$ Cerrados: a. NC: $2 \times \text{Al} + [2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$ (>20% argila) b. NC: $2 \times \text{Al}$ ou NC: $[2 - (\text{Ca} + \text{Mg})]$ (< 20% argila)	ES, MG, cerrados (GO, MT e MS)
<b>Saturação por bases</b>	A quantidade de calcário é calculada para aumentar a porcentagem de cátions ocupando a CTC, para 70% (Sul e Sudeste) ou 50% (cerrados)	NC: $\frac{(V_2 - V_1) \times T}{100}$	PR, SP, BA, cerrados (GO, MT e MS)

### 6.1. Método de incubação com $\text{CaCO}_3$

É um método clássico e consiste na obtenção de curvas de neutralização do solo através da incubação com  $\text{CaCO}_3$ . Este método não é prático para uso rotineiro, por ser demorado e trabalhoso, sendo empregado em trabalhos de pesquisa e para calibrar outros métodos.

Por este método, amostras de solo são incubadas com doses crescentes de  $\text{CaCO}_3$ , por vários dias e até meses, mantendo-se a umidade sob controle. Após o período de incubação procede-se a leitura de pH, obtendo-se as curvas de neutralização.

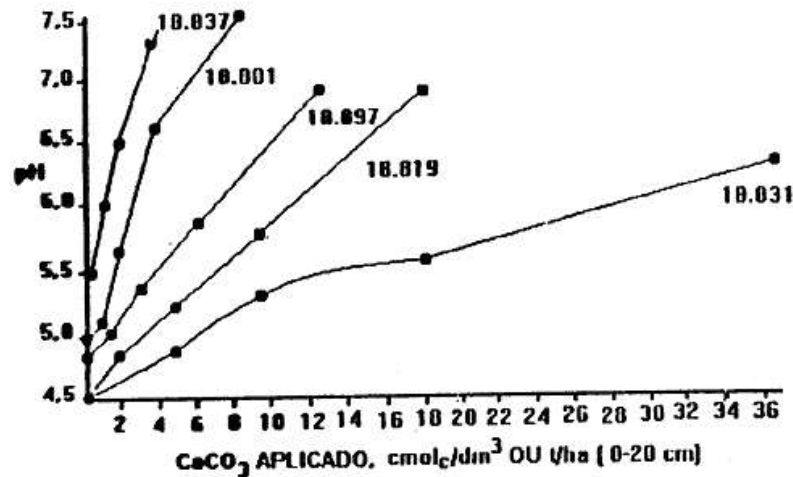


Figura 6. Curvas de neutralização de cinco amostras de solos com  $\text{CaCO}_3$ , 18.837 – Regossolo; 18.801 – Latossolo Vermelho-Amarelo, fase arenosa; 18.819 – Latossolo Vermelho-Amarelo, húmico; 18.819 – Latossolo Vermelho-Escuro orto; 18.831 – solo com B câmbico. Fonte: Rajj (1979).

## 6.2. Método do Índice SMP (Schoemaker, McLean & Pratt)

Este método tem como princípio o decréscimo do pH de uma solução tampão após o equilíbrio com o solo e se baseia na correlação existente entre o índice SMP e a acidez potencial do solo ( $\text{H}+\text{Al}$ ). Então poderíamos dizer que a quantidade de calcário a ser aplicada para atingir um pH adequado em um solo vai depender do índice SMP, ou seja, quanto mais baixo o índice SMP, maior a quantidade de  $\text{H}+\text{Al}$  do solo.

Para o seu uso, adiciona-se a uma quantidade de solo um volume de água e um volume de solução tampão e agita-se. A solução SMP é constituída de p-nitrofenol, trietanolamina, cromato de potássio, acetato de cálcio e cloreto de cálcio é ajustada a pH 7,5. Após estabelecido o equilíbrio, lê-se o pH da suspensão, representado por  $\text{pH}_{\text{SMP}}$ . Quanto maior a acidez potencial do solo, maior será a depressão de pH da solução tampão em contato com o solo.

Tabela 11. Recomendações de calagem (calcário com  $\text{PRNT}=100\%$ ) com base no índice SMP, para a correção da acidez dos solos do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Índice SMP	pH em água(1:1) a atingir		
	5,5	6,0	6,5
	-----t/ha-----		
≤ 4,4	15,0	21,0	29,0
4,5	12,5	17,3	24,0
4,6	10,9	15,1	20,0
4,7	9,6	13,3	17,5
4,8	8,5	11,9	15,7
4,9	7,7	10,7	14,2
5,0	6,6	9,9	13,3
5,1	6,0	9,1	12,3
5,2	5,3	8,3	11,3
5,3	4,8	7,3	10,4
5,4	4,2	6,8	9,5
5,5	3,7	6,1	8,6
5,6	3,2	5,4	7,8
5,7	2,8	4,8	7,0
5,8	2,3	4,2	6,3
5,9	2,0	3,7	5,6
6,0	1,6	3,2	4,9
6,1	1,3	2,7	4,3
6,2	1,0	2,2	3,7
6,3	0,8	1,8	3,1
6,4	0,6	1,4	2,6
6,5	0,4	1,1	2,1
6,6	0,2	0,8	1,6
6,7	0,0	0,5	1,2

6,8	0,0	0,3	0,8
6,9	0,0	0,2	0,5
7,0	0,0	0,0	0,2

Fonte: Comissão de Fertilidade do solo – RS/SC (1994)

A calibração do método é feita correlacionando o  $\text{pH}_{\text{SMP}}$  de uma série de solos com a necessidade de calagem para elevar o pH, em geral, a 6,0 ou 6,5, ou mesmo 5,5, sendo esta necessidade de calagem determinada por incubação com  $\text{CaCO}_3$ . De posse do valor de  $\text{pH}_{\text{SMP}}$  do solo e definido o pH que se deseja alcançar e, utilizando uma tabela, determina-se a necessidade de calagem (Tabela 11).

Deve-se salientar que essas tabelas devem ser obtidas em cada região, pois os dados obtidos em uma localidade podem subestimar ou superestimar a necessidade real do calcário em outra.

**Obs.:** Quanto > for a acidez potencial do solo, > será a depressão de pH da solução tampão em contato com o solo.

### 6.3. Método baseado no teor de $\text{Al}^{3+}$ trocável e elevação do teor de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$

Pelo fato de o Al trocável ser o grande componente negativo relacionado à acidez dos solos, desenvolveram-se métodos de recomendação de calagem baseados unicamente no teor de Al trocável. Por este método, a necessidade de calagem foi definido, pela fórmula:

$$\text{NC(t/ha)} = 1,5 \times \text{Al}^{3+}$$

ou

$$\text{NC (t/ha)} = 2,0 \times \text{Al}^{3+}$$

onde  $\text{Al}^{3+}$  = Al trocável em meq/100cm<sup>3</sup> ou cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> e,

- 1,5 usado para culturas tolerantes à acidez,
- 2,0 usado para culturas sensíveis à acidez

Acontece, porém, que em solos altamente intemperizados, o que realmente limita a produtividade é a deficiência generalizada em nutrientes. Nesse aspecto, a deficiência de Ca é um fator limitante para um bom desenvolvimento radicular. Por isto, surgiram métodos que levam em consideração não somente a correção do Al trocável, mas também o fornecimento de Ca e Mg.

Para o Estado de Mato Grosso tem sido recomendadas as seguintes fórmulas:

a) Solos com teor de argila > 20%

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

b) Solos com teor de argila < 20%

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

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

Neste caso, escolher a opção que recomendar a maior dose.

Este método tende a recomendar mais calcário para solos arenosos com CTC baixa (<4 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e menos que o necessário para solos com CTC alta (>12 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), de acordo com SOUZA et alii(1983) para solos de cerrado.

Em Minas Gerais, a Comissão de Fertilidade do Solo (1999) especifica a seguinte fórmula:

$$\text{NC} = \text{Y} [ \text{Al}^{3+} - (m_t \times t/100) ] + [ \text{X} - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) ] \text{ em que:}$$

$m_t$  = máxima saturação por  $\text{Al}^{3+}$  tolerada pela cultura, em % (ver tabela CFSMG, 1999).

$t$  = CTC efetiva, em cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>

X = valor variável em função das necessidades de Ca e Mg das culturas, podendo ser de 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5 (ver tabela CFSMG, 1999).

Y = valor variável em função da capacidade tampão da acidez do solo e que pode ser definido de acordo com a textura do solo (tabela 6).

Tabela 12. Valores de Y conforme a textura do solo.

Solo	Argila % ( g/kg)	Y
Arenoso	0 a 15 ( até 150)	0,0 a 1,0
Textura média	15 a 35 ( 150 a 350)	1,0 a 2,0
Argiloso	35 a 60 (350 a 600)	2,0 a 3,0
Muito argiloso	60 a 100 (600 a 1000)	3,0 a 4,0

#### 6.4. Método baseado na elevação da saturação em bases

Este método se baseia na relação existentes entre pH e saturação de bases (V) do solo. É o método mais utilizado no estado de São Paulo.

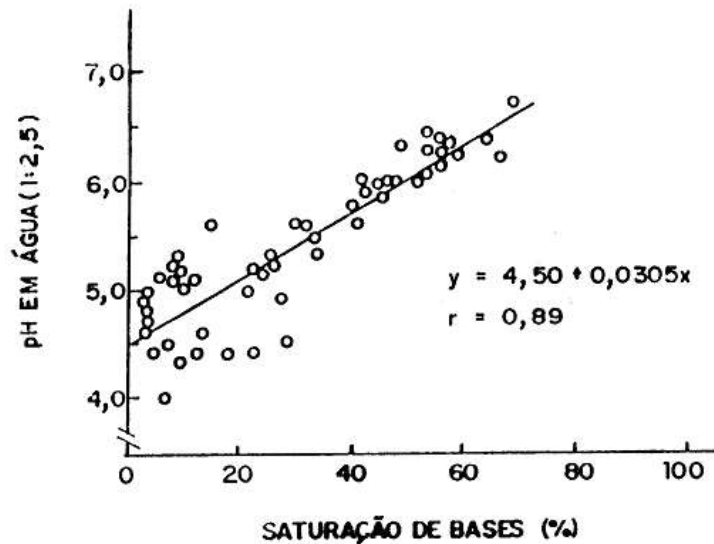


Figura 7. Relação entre valores de pH em água e saturação de bases na camada arável de solos de cerrados (N= 65 pares).

Tabela 13. Relação aproximada entre V%, pH em CaCl<sub>2</sub>, pH em água e m%, em amostras de terra da camada superficial (0-20 cm).

V%	pH em CaCl <sub>2</sub>	pH em água	m%
4	3,8	4,4	90
12	4,0	4,6	68
20	4,2	4,8	49
28	4,4	5,0	32
36	4,6	5,2	18
44	4,8	5,4	7
52	5,0	5,6	0
60	5,2	5,8	0
68	5,4	6,0	0
76	5,6	6,2	0
84	5,8	6,4	0
92	6,0	6,6	0
100	6,2	6,8	0

Fonte: RAIJ et al. (1985).

A fórmula da determinação da necessidade de calagem (NC), em t/ha é a seguinte:

$$= (V2 - V1) \times T$$

$$100$$

onde:

$$T = \text{CTC a pH 7,0} = \text{CTC pot.} = \text{SB} + (\text{H} + \text{Al}) \text{ em meq/100cm}^3 \text{ ou cmol}_c\text{/dm}^3$$

$$\text{SB} = \text{soma de bases} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ ;$$

$$V1 = \text{saturação de bases atual do solo} = (\text{SB}/T) \times 100$$

$$V2 = \text{saturação de bases desejada para a cultura a ser implantada (ver tabela CFSMG, 1999).}$$

Para solos de cerrado tem sido recomendado a seguinte fórmula (SOUZA et alii, 1983):

$$(\text{t/ha}) = (T \times 0,5) - \text{SB}$$

considerando V = 50% para a maioria das culturas, conforme a figura abaixo.

NC

NC

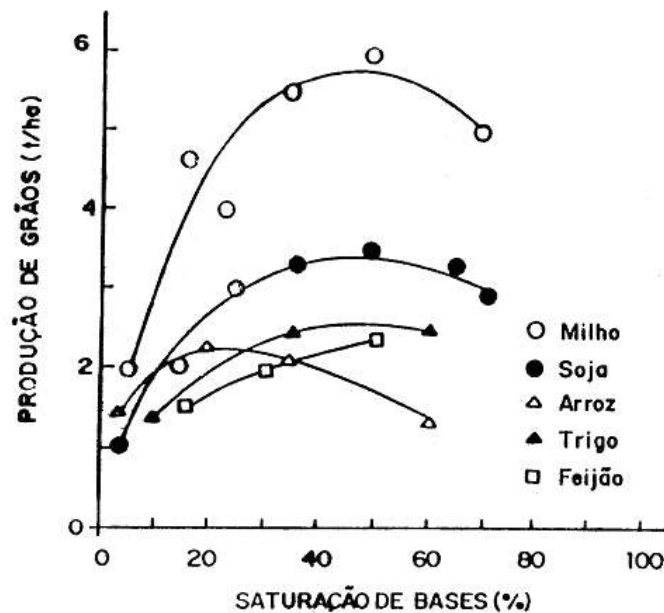


Figura 8. Relação entre produção de grãos de algumas culturas anuais e saturação de bases na camada arável de solos de cerrados. Fonte: (SOUZA et alii, 1983)

A fórmula indicada, matematicamente significa que se quer elevar, com a adição de Ca e de Mg do calcário, a SB do solo para determinado valor considerado adequado para a cultura a ser implantada.

Este método tem a importante característica de levar em consideração as exigências das culturas na definição da quantidade de corretivo a ser adicionado ao solo, além de ter a vantagem da facilidade dos cálculos e na flexibilidade de adaptação para diferentes culturas, de acordo com as exigências destas.

Existem tabelas preparadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) nas quais se apresentam os valores de  $V_2$  mais adequados para cada cultura. Neste aspecto, vale ressaltar que os valores de  $V_2$  não deverão ser os mesmos em todos os Estados ou tipos de solo, já que o método foi desenvolvido e é mais usado no Estado de São Paulo.

Tabela 14. Saturação de bases para algumas culturas.

<b>CLASSIFICAÇÃO DAS PRINCIPAIS CULTURAS SEGUNDO A SATURAÇÃO DE BASES RECOMENDADA</b>		
30 – 40 %	Chá	Gramín. Aromát.
40 – 50 %	Arroz de sequeiro Arroz irrigado Fumo Azálea	Cacau Seringueira Mandioca Eucalipto
50 – 60%	Trigo Centeio Aveia Cevada Cana-de-açúcar Cará	Abacaxi Abacate Manga Cenoura Batatinha Batata-doce
60 -70 %	Milho Sorgo Morango Banana Goiaba Citros Almeirão Alface Maracujá Curcubitáceae Tomate Pimentão Repolho Couve-flor	Alho Cebola Feijão Ervilha Soja Crotalária Girassol Algodão Café Roseiras Beterraba Cenoura Rabanete
70 – 80%	Ameixa Maça Sisal	Mamão Uva

**UM DETALHE IMPORTANTE:****Quantidade de calcário a ser usada:**

A situação teórica do uso do calcário indica a quantidade de  $\text{CaCO}_3$  ou calcário com PRNT = 100%, a ser incorporado a 20 cm de profundidade. Entretanto, na realidade, a determinação da quantidade de calcário a ser usada por hectare deve levar em consideração:

- A percentagem da superfície que será coberta pela calagem (sc);
- A profundidade (cm) que será incorporado o calcário (p);
- O poder relativo de neutralização total (PRNT) do calcário a ser utilizado.

Portanto, a quantidade de calcário (QC) a ser usada, em t/ha, será:

$$QC = NC \times sc/100 \times p/20 \times 100/PRNT$$

Ex: A quantidade de calcário (PRNT= 90%) a ser adicionada numa lavoura de café de cinco anos, se a NC é de 6,0 t/ha, a área a ser corrigida (faixa das plantas) é de 75% e, considerando a profundidade de incorporação (pela esparramação) de 5cm, será:

$$QC = 6 \times \frac{75}{100} \times \frac{5}{20} \times \frac{100}{90} = 1,25 \text{ t/ha}$$

**7. Comparação da eficiência dos métodos utilizados no Brasil**

Um aspecto fundamental a ser considerado na escolha do método para estimar a necessidade de calagem é a cultura (ou culturas) com as quais se está trabalhando.

A quantidade de corretivo pode variar bastante segundo o critério de recomendação. Neste aspecto, há que se considerar o nível de tecnologia empregado pelos agricultores e seus custos a curto e médio prazos. Doses mais elevadas tendem a representar maior investimento a curto prazo. Por outro lado, o efeito residual do corretivo será mais prolongado.

Deve-se portanto, para cada realidade e região, procurar o método que melhor defina a necessidade de calagem, devendo-se para isto, consultar a literatura e as instituições de ensino e pesquisa regionais.

O método de saturação de bases, como já dito, tem a grande vantagem de considerar a planta cultivada ao recomendar o corretivo. Os valores  $V_2$  é que precisam ser mais bem definidos para as culturas de cada região.

O método SMP tem sido mais usado nos estados do sul, onde ocorrem solos de maior CTC e maiores teores de Al trocável.

Vale lembrar que a escolha do método de recomendação de calagem envolve aspectos técnicos e econômicos. Assim, os benefícios da calagem se farão sentir sobre a disponibilidade e eficiência de utilização de outros nutrientes e, a aplicação conjunta de outros nutrientes melhora os resultados da calagem. Isto por si só mostra o enlaçamento dos aspectos técnico e econômico.

De um ponto de vista puramente econômico, a calagem produz curvas de resposta do tipo dos retornos decrescentes (Lei dos Incrementos Decrescentes). Isto, na prática, significa que acima de pH 5,5 os retornos devidos à calagem, mesmo para culturas exigentes quanto ao pH, não são grandes, mas válidos devido ao efeito residual. Desta forma, a análise econômica deve envolver dados de 3 a 5 anos. A calagem, por seu efeito residual, produz um retorno cumulativo ao longo do tempo.

**8. Época e modo de aplicação do calcário**

**8.1. Distribuição:** Deve ser à lanço em toda área de maneira bem homogênea. Em alguns casos pode ser feita em sulco de plantio ou faixa 2 em pequenas quantidades com a finalidade de suprir Ca e Mg. Um dos problemas dessa aplicação é o pequeno volume de solo corrigido, e também a incompatibilidade de calcário com outros adubos. Ex.:  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3$  (tóxico).

Em culturas perenes já instaladas onde se verifica acidez somente na linha que recebeu adubação, a aplicação em faixas tem sido suficientes.

A aplicação pode ser feita manual ou mecânica. Na manual, podem ser feitos montes pequenos de calcário regularmente distribuídos no terreno: o operador com uma pá distribui o calcário ao seu redor procurando fazer um "lençol". Outra maneira, consiste em colocar o calcário numa carroça ou em um caminhão, que vai para o campo com 2 ou 3 operários, em cima do veículo, e estes lançam o calcário em todos os lados. O processo manual se justifica apenas nos casos de áreas muito pequenas e nos casos de cafezais e pomares muito fechados.

Na aplicação mecânica os corretivos são aplicados à lanço, por meio de distribuidores tratorizados.

OBS.: Quando a distribuição do calcário sobre o solo for desuniforme, a sua incorporação, por melhor que seja, dificilmente corrigirá esse defeito. O problema poderá ser agravado se a incorporação também for deficiente. Não existe um modo de distribuição e/ou incorporação que satisfaça plenamente as diferentes condições de clima, cultura e manejo do solo.

**8.2. Incorporação:** Profundidade Padrão é de 0-20 cm ( $V = 2.000 \text{ m}^3$  com  $d = 1,0$ ), mas melhores respostas com aplicações mais profundas devido à exploração de um maior volume de solo pelo sistema radicular, implicando em maior eficiência no uso da água do solo, maior aquisição de nutrientes, maior tolerância aos veranicos, maior teor de Ca e Mg no perfil do solo e diminuição da saturação de Al em profundidade.

Grandes doses ( $> 2 \text{ t/ha}$ ):  $\frac{1}{2}$  antes aração e  $\frac{1}{2}$  após (antes da gradagem) **2 Problema:** distribuição vertical é boa, mas a horizontal é deficientes.

**Cultivadores, grades e arados subsoladores** 1 incorporam o material somente na camada superficial (2,5 - 5,0 cm).

Uma incorporação uniforme tem sido obtida pela passagem dupla de **enxada rotativa**.

No RS e SC tem-se recomendado a seguinte seqüência de operações: gradagem-aração-gradagem.

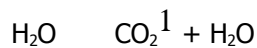
No cerrado tem sido recomendado no caso de doses elevadas, colocar a  $\frac{1}{2}$  após o desmatamento e incorporado com grade pesada e a outra metade, incorporada com arado de discos, o mais profundo possível. Em áreas já cultivadas, a incorporação é feita com arado de disco.

OBS.: O calcário não desce no perfil do solo.



1

1



**8.3. Época:** A reação de solubilização do calcário é lenta, exigindo tempo e maior contato entre partículas do solo e do corretivo. O tempo depende de características do solo (M.O., textura), características do corretivo (PRNT), modo de aplicação e precipitação **2** quanto antes melhor! Ideal é no final do período chuvoso, anterior ao plantio, ou no início da estação chuvosa, pouco antes do plantio.

- Período da seca nos cerrados : Maio - Setembro.
- Época: 2-3 meses do plantio.
- Calcários mais solúveis como o "filler" e CaO, MgO,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  **2** até 30 dias antes da semeadura.

OBS.: O calcário deve ser aplicado em dose única. O parcelamento (2 e 3 anos) como opção para a correção gradativa do solo, apenas é indicado quando houver limitação de ordem econômica por parte do agricultor.

## 9. Aspectos econômicos da calagem

Os retornos com a calagem podem ser bastante elevados, no período de alguns anos, usualmente acima de 5 anos. No primeiro ano, podem não ser elevados, mas podem ser suficientes para compensar os gastos com a calagem. Após o primeiro ano, o retorno da aplicação de corretivo passa a ser muito significativa. Portanto, trata-se de um investimento inicial elevado, mas sua economicidade deve ser avaliada considerando-se várias safras.

O estabelecimento de doses econômicas de calcário difere, com relação às doses econômicas de fertilizantes em três aspectos: a diferença mais importante está no longo efeito residual, além disso, por se tratar de produto de baixo custo, o frete influi muito no custo total do corretivo posto na propriedade, podendo o custo do transporte superar facilmente o custo do produto. E considerar a qualidade do corretivo expresso pelo PRNT, que influi nas quantidades efetivas a serem aplicadas.

Portanto, a dose de Máxima Eficiência Econômica (MEE) de corretivo, por área cultivada, depende da magnitude de resposta das culturas à calagem, do efeito residual nos anos seguintes à aplicação, dos preços dos insumos e qualidade (PRNT).

## 10. Supercalagem

A quantidade de calcário a aplicar deve ser definida pela análise de solo para evitar uma aplicação de quantidade superior a necessária. A calagem em excesso é tão prejudicial quanto a acidez elevada, com o agravante que a supercalagem é de muito mais difícil correção. Com a supercalagem há a precipitação de diversos nutrientes do solo, como o P, Zn, Fe, Cu, Mn, além de maior predisposição à danos físicos.

## 11. Efeito residual da calagem

A calagem apresenta efeito residual (=duração) de muitos anos. Entretanto deve-se considerar:

- a. Poder tampão do solo
- b. Processo de acidificação:
  - i. quantidade e tipo de fertilizantes (principalmente os nitrogenados);
  - ii. intensidade de cultivo;
  - iii. Planta (leguminosas removem mais Ca e Mg do que não leguminosas);
  - iv. Lixiviação de bases (principalmente em sistemas de irrigação);



- v. Calagem (quantidade aplicada e PRNT, ou seja, da granulometria: >granulometria 2 >efeito residual.)

**OBS.:** Após a primeira aplicação, as doses necessárias nos anos seguintes para manter o pH no valor desejado, são geralmente menores do as primeiras.

Áreas sob cultivo intenso (duas ou mais culturas ou ciclos por ano) sob sistema de irrigação devem ser amostradas uma vez por ano, pois a extração de nutrientes é muito intensa sob este sistema de exploração.

### 12. Fatores para o sucesso da calagem:

- a) Definição da dose
  - Análise química do solo
  - Método utilizado
  - Cultura e variedade
- b) Aplicação do corretivo
  - Época de aplicação
  - Localização/ homogeneidade
  - Profundidade de incorporação
- c) Características do corretivo
  - Teor de MgO
  - Reatividade
  - PRNT [(PN – CaO e MgO) + RE (granulometria)]
  - Efeito residual

### 13. Exercícios:

1. A seguir você encontra o resultado da análise química e textural de 03 solos, realizada na camada de 0-20 cm.

Atributos	Solos		
	1	2	3
pH água	6,0	5,5	5,1
P (mg/dm <sup>3</sup> )	1,5	4,6	1,5
K (mg/dm <sup>3</sup> )	70,0	18,0	25,0
Ca (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )	-	-	1,1
Mg (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )	-	-	1,5
Ca + Mg (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,9	0,3	2,6
Al (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )	0,0	0,3	0,0
H + Al (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )	2,1	1,9	4,3
M.O. (g.Kg <sup>-1</sup> )	10	10	48
Argila (g.Kg <sup>-1</sup> )	40	10	550

Pede-se que você calcule a necessidade de calagem pelos métodos do Al e Ca + Mg e Saturação de Bases (V%) nos três solos ( métodos em uso no Estado de Mato Grosso), supondo que será plantado milho nestas áreas.

2. Você tem o resultado de análise de dois solos A e B, que necessitam de calagem e que apresentam as características abaixo:

Atributos	Solos	
	A	B
M. O. (%)	1	3
Argila (%)	10	38
Tipo de argila	1:1	2:1
pH	4,8	4,8

Você perdeu a recomendação de calagem, mas se lembra que para um solo, era necessário 5 t/ha e outro 2 t/ha. Qual dos dois solos deve receber 5t/ha? Justifique.

3. Seja um calcário com as seguintes características: CaO = 38 % e MgO = 10 % e granulometria:

- Maior que peneira ABNT n° 10 = 2 %
- Entre peneira ABNT n° = 10-20 = 12 %
- Entre peneira ABNT n° 20-50 = 26 %
- Menor que peneira n° 50 = 60 %

Calcular PN, RE e PRNT.

4. No quadro abaixo é dada a composição granulométrica de 07 diferentes calcários. Calcular o PRNT.

AMOSTRAS	CaO	MgO	GRANULOMETRIA – PENEIRAS (%)		
	%	%	10 - 20	20 – 50	< 50
1	31	12	12	11	77
2	26	11	84	4	12
3	13	10	18	22	60
4	39	10	0	10	90
5	55	18	0	7	93
6	21	10	3	22	75
7	29	21	1	2	97

5. Para a calagem de um solo que necessita de 4 t / ha de calcário (PRNT = 100 %), calcule a diferença de preço em 200 ha se você usar os seguintes calcários: nº 4 (US\$ 10.00); nº 5 (US\$ 20.00) e nº 7 (US\$ 15.00). E de acordo com os resultados obtidos, qual calcário seria mais econômico para uma propriedade situada a 200 km do moinho e para outra situada a 500 km. Considere o preço do frete US\$ 0.05 / t / km.

6. A seguir você encontra o resultado da análise química e textural de 02 amostras de solo.

Solo	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Al <sup>3+</sup>	K	CTC efetiva	CTC	Argila	M.O
				-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----	-----%-----		
A	4,9	0,9	0,1	1,8	3,8	40	1,5
B	4,9	1,8	0,4	3,5	9,0	55	2,8

Com base nisto, pede-se:

- Calcule a quantidade de calcário para estes solos, usando os métodos do Al e Ca + Mg e o de Saturação de Bases (V2 a sua escolha, mas indique a cultura). Comparar estes resultados.
- Qual seria a sua orientação quanto a época e modo de aplicação do calcário?
- Indique baseado nas opções abaixo, o custo total de cada uma e escolha o calcário mais técnico e econômico. O custo do frete é de US\$ 0,05/t/km.

OPÇÕES	CaO %	MgO %	RE %	PREÇO MOINHO / t US\$	DISTÂNCIA (km)
CALC. A	40	10	80	15.00	180
CALC. B	55	0	80	10.00	50
CALC. C	54	17	100	20.00	220
CALC. D	0	40	100	25.00	250

7. Há um dito popular usado na Alemanha que diz: "Fazer a calagem sem se preocupar com a matéria orgânica, enriquece o filho, mas empobrece o neto". Pede-se que você analise esta frase.

8. Um fazendeiro verificou que a incorporação profunda (0-30 cm) de calcário, em um solo de cerrado, causou um aumento pronunciado da produtividade de sorgo quando comparado com a incorporação tradicional que adotava (0-15 cm). Entretanto, não houve diferença significativa entre as duas profundidades de incorporação do calcário sobre a produtividade de soja. Justifique o observado.

**"Não há nada na natureza mais importante ou que mereça maior atenção do que o solo. Na verdade, é o solo que faz do mundo um ambiente agradável para humanidade. É o solo que fornece provisão para toda a natureza; toda a criação depende do solo, que afinal, é a base da nossa existência.**

**(Friedrich Albert Fallou, 1862).**