

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE  
QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO

# MACRONUTRIENTE - K

DOCENTE: Dr. Ribamar Silva



## Potássio -----

### I. Introdução

- .  $K^+$  → Macronutriente absorvido em grande quantidade pelas plantas;
- . Absorção  $K \cong N < P$ ;
- . K no tecido foliar em geral → 0,5 – 5 %;
- . Solos derivados de Granito apresentam elevados teores de K-total devido a presença do mineral mica.



## II. Intemperização dos Minerais Potássicos

Precipitação e Temperatura Elevadas

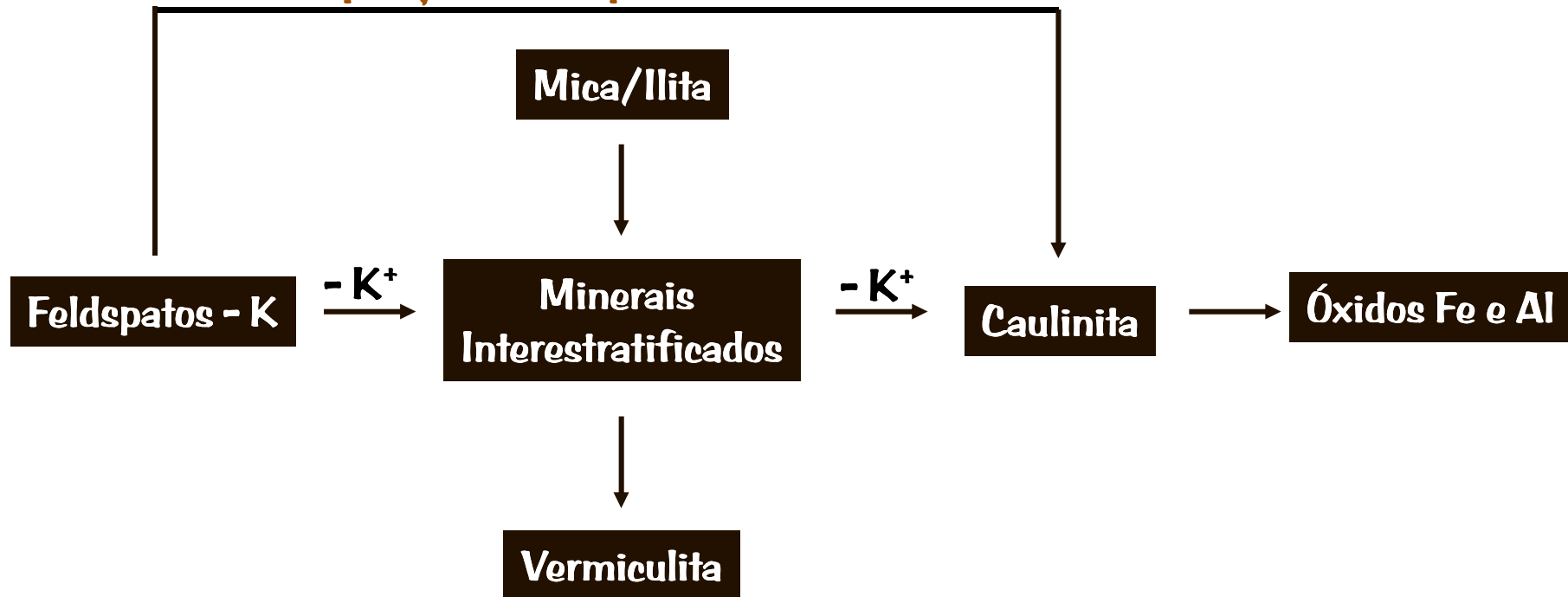


Figura 1. Sequência de intemperização de Feldspatos-K.

## MACRONUTRIENTE

“Potássio”

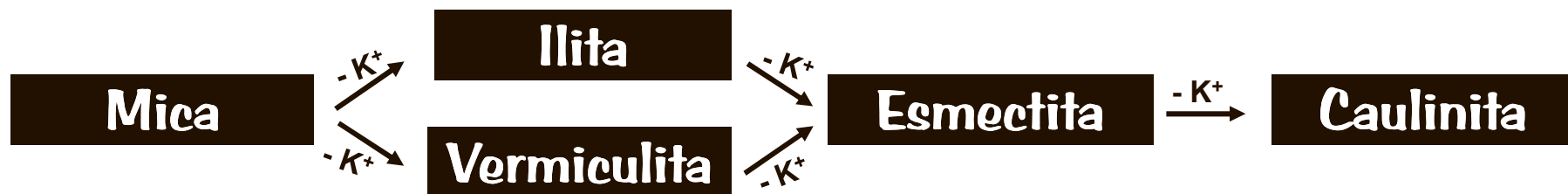


Figura 2 - Principais transformações das micas no solo.

- . Solos Brasileiros → Baixos teores de Minerais primários e de estrutura 2:1 → Baixos teores de K-total.

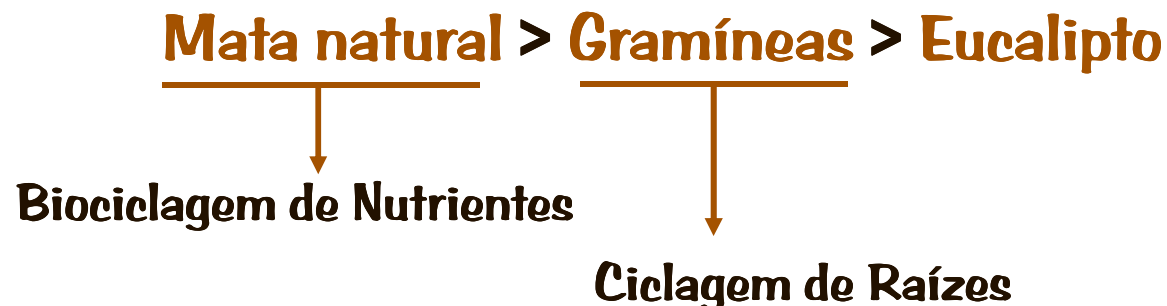




### III. Formas de K no solo

#### ① K-Solução:

- . Corresponde ao fator intensidade de potássio;
- . Forma pela qual a planta absorve o  $K^+$  → Importância na nutrição vegetal;
- . Mantido principalmente pelo K-trocável (equilíbrio rápido);
- . [K] solução depende da entrada e saída de Potássio;
- . Teor varia com a cobertura do terreno:



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”



- . Menores [K] solução → Solos arenosos e de regiões úmidas;
- . Quando solo é inundado →  $[K^+]$  solução aumenta → Com a redução os cátions  $NH_4^+$ ,  $Fe^{2+}$  e  $Mn^{2+}$  são adsorvidos aos colóides deslocando o  $K^+$  para a solução, efeito maior em solos argilosos.
- . [K] solução → Controla a permanência de uma gramínea ou de uma leguminosa em consórcios no solo.
  - .. **Gramíneas** → Baixa CTC de raiz → Se desenvolvem com um teor mais baixo de K na solução (Sistema radicular capaz de absorver  $K^+$  mesmo de formas não trocáveis). Elas têm baixa resposta à adubação potássica.



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”

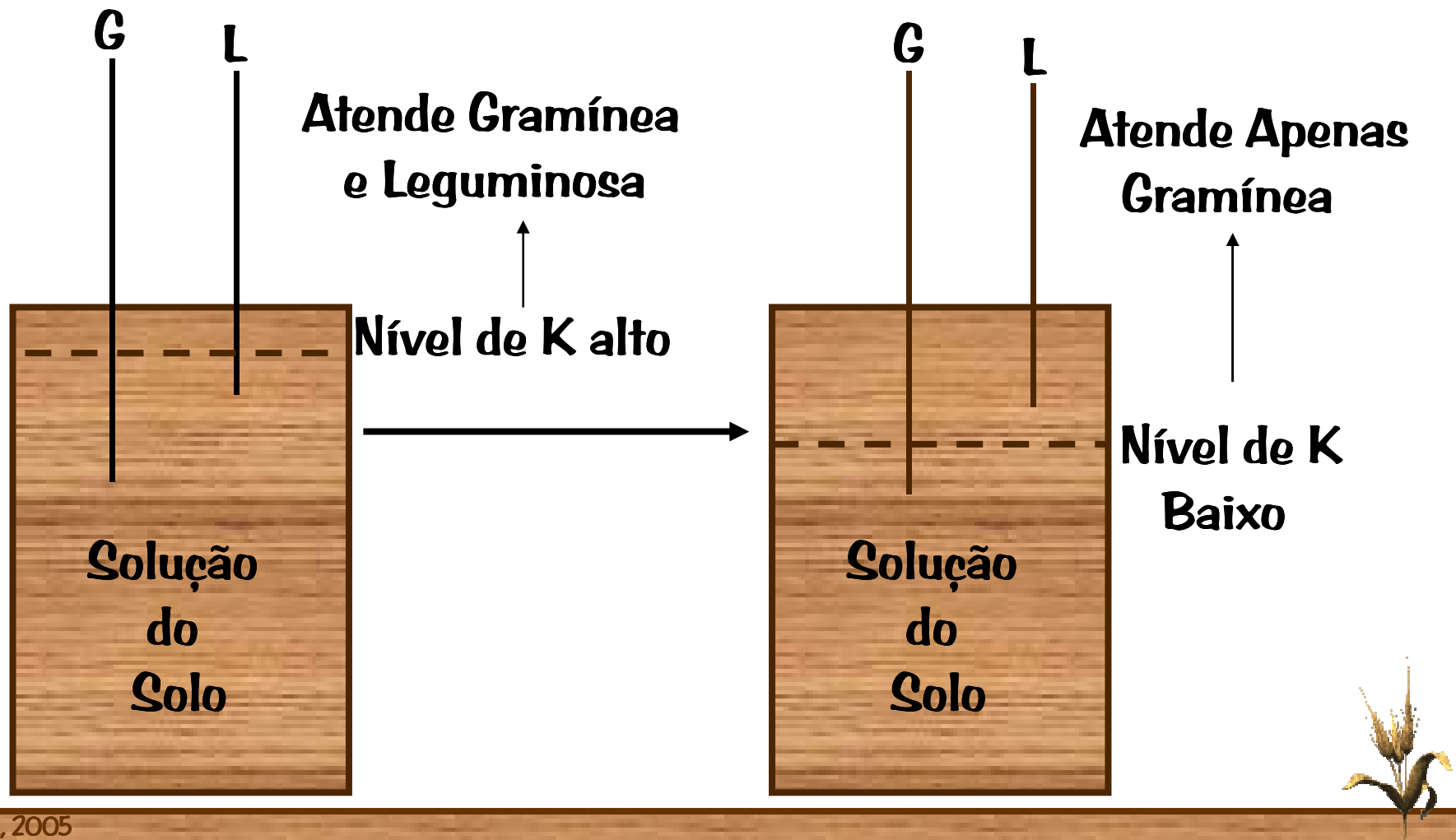
- .. Se aumentar a [K] para leguminosa esta não é afetada pela gramínea, mas se [K] ficar abaixo do ótimo para leguminosa a gramínea vai competir com esta e com o passar do tempo → Leguminosa eliminada do pasto → Figura X.



# MACRONUTRIENTE

“Potássio”

## Consócio Gramínea x Leguminosa x K-solução



## ② K-Trocável:

- . K retido nos colóides do solo por ligação eletrostática. Corresponde ao Fator quantidade “Q” de K;
- . Teor de K-trocável é regulado pelo cátion complementar (Ca que é o mais abundante no solo);
- . Maiores teores de  $K^+$  → Solos argilosos ( $> CTC$ ), em regiões áridas e semi-áridas, em solos minerais originados de granito e na presença de muscovita e/ou biotita (micas).





### ③ K-Não Trocável (K-estrutural + K-fixado):

- . **K- estrutural** → K integrante da rede cristalina dos minerais;
- . K liberado pelos minerais quando o nível de potássio trocável do solo é reduzido intensamente (absorção pelas plantas, lixiviação);
- . Representa a capacidade de suprimento de K a médio e longo prazo para as plantas;
- . Após atingir um nível mínimo de potássio, os solos podem recuperar o K trocável pela liberação de K das formas não trocáveis. O nível dessa reposição depende do solo e tempo de pousio.





### ③ K-Não Trocável (K-estrutural + K-fixado):

- . **K-fixado** → K fortemente retido entre as unidades cristalográficas de minerais 2:1. A fixação do K se dá com a posterior contração das lâminas pela desidratação, as quais perdem a expansibilidade (Vermiculita)
- . Minerais com possibilidade de fixar potássio:  
**Montmorilonita < Mica Hidratada (Ilita) < Vermiculita**
- . Fixação de K em solos brasileiros → Pouca importância  
**Mineralogia Dominante é Caulinita e/ou Óxidos.**





## FATORES QUE AFETAM A FIXAÇÃO E A LIBERAÇÃO DE K NO SOLO:

### A - Natureza e quantidade de minerais de argila:

- . > fixação → Teor de minerais 2:1 (vermiculita);
- . [K] solução → Quanto mais K na solução (adubação). maior será a possibilidade de fixação (solos com minerais 2:1).

### B - pH → Menor pH leva a uma menor fixação de K, devido:

- . Competição entre K e H;
- . Destruição da grade cristalina sob valores muito baixos de pH;
- . Deposições de polímeros de ferro e/ou alumínio no interior das unidades cristalográficas impedindo a fixação → Minerais VHE (Vermiculita com Hidroxi nas entrecamadas).



# MACRONUTRIENTE

## “Potássio”

### C - Natureza dos Cátions Trocáveis:

- . Argilas saturadas com  $H^+$  e  $NH_4^+$  fixam menos  $K^+$  que saturadas com outros cátions, devido a competição entre os cátions  $K^+$  e  $NH_4^+$  sobre os pontos de fixação na argila.





#### ④ K-Matéria Orgânica:

- . O K não se liga a nenhum composto orgânico estrutural de planta. Contribuição não significativa para o total de K no solo. Devido a este fato o K é facilmente perdido pelas folhas e raízes. Água da chuva → Arrasta grande quantidade de  $K^+$  da parte aérea para o solo, principalmente nos estágios finais do ciclo da planta.
- . No húmus (Cargas negativas) → retém o  $K^+$ - trocável.





**⑤ K-Total:**

- . Solos mais argilosos > arenosos.
- . Solos regiões secas > úmidas.
- . Solos minerais > orgânicos.
- . Solos rochas ígneas (Granito) > Arenito , Calcário.



## IV. Dinâmica do K no Sistema Solo-Planta e Disponibilidade para as Plantas

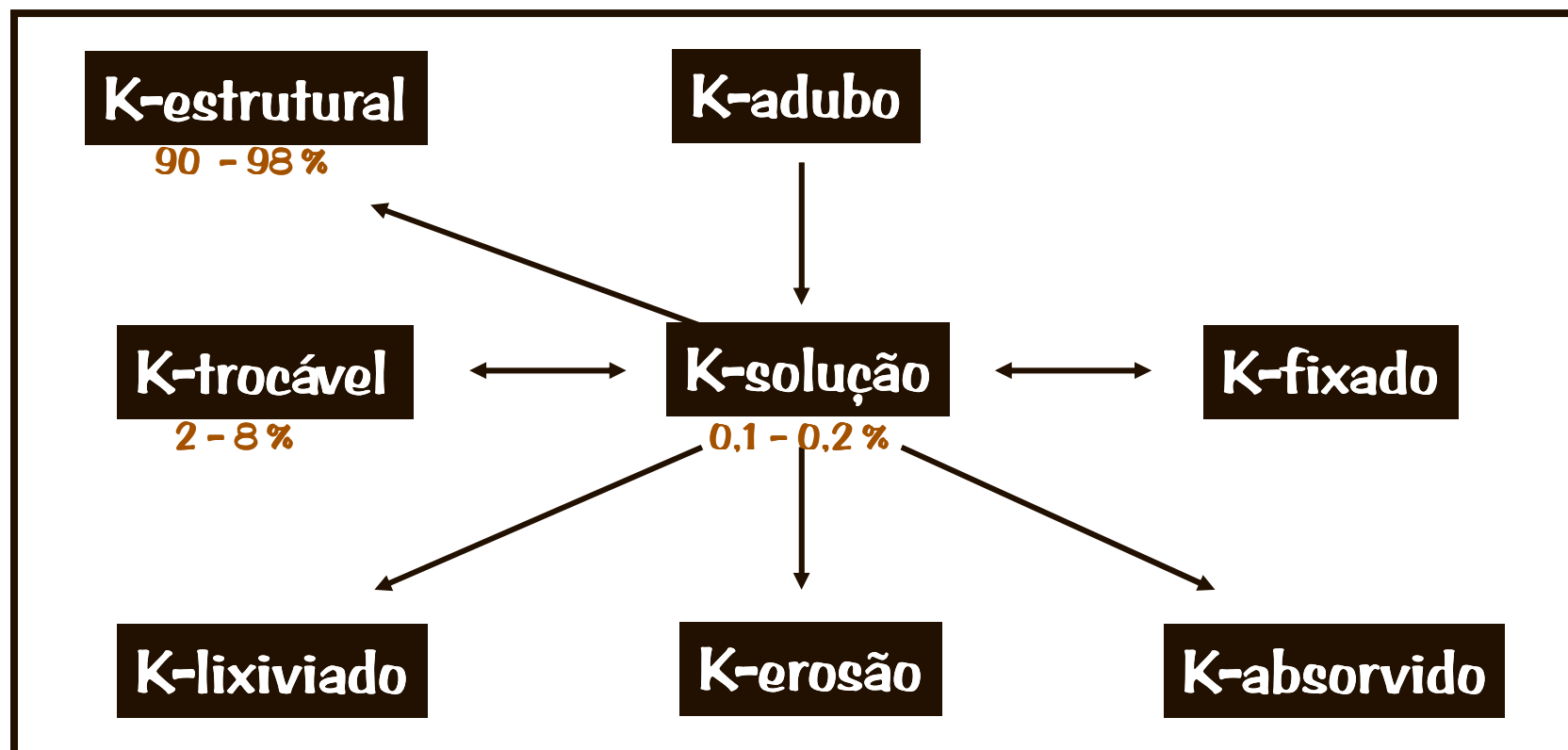


Figura 3 - Dinâmica do K no sistema solo-planta.

# MACRONUTRIENTE

## “Potássio”

- . **Fator Intensidade de K** → K - solução;
- . **Fator Quantidade de K** → K - trocável (lábil);
- . **Fator Capacidade de K** → Poder do solo de resistir às mudanças do K-solução quando este é alterado por lixiviação, absorção pelas plantas ou fertilização potássica;
- . **Termo K-disponível** = (K-solução + K-trocável) → Representa a disponibilidade imediata de potássio para as plantas.





## ① Fatores que afetam a disponibilidade de K para as plantas:

### A – Mineralogia Dominante:

. Minerais podem ser:

.. Fontes de K → Feldspatos potássicos e Micas;

.. Fixadores de K → Vermiculita (2:1);

.. Solos Regiões Temperadas → Minerais 2:1 e até mesmo Minerais primários → Maior reserva de potássio em relação a solos tropicais cauliniticos ou oxídicos que em geral têm baixos teores de K total.



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”

- . Intemperização de minerais potássicos:
  - .. Intemperismo é função (Intensidade, tempo de exposição, agentes de intemperismo).
- . Reações: Hidrólise e protonação de ortoclásio → Libera  $K^+$ .



- . Hidrólise e ação de ácidos orgânicos → Forte protonação → Liberação de  $K^+$  + Minerais 1:1 → Óxidos de Fe e Al.



# MACRONUTRIENTE

## “Potássio”



### **B – Argila e Matéria Orgânica:**

- . Contribuem para a CTC do solo.
- . Quanto > Argila e M.O. → > CTC → > Retenção de K nos sítios de troca e > PTK.

### **EFEITO INDIRETO DA M. ORGÂNICA:**

- . Quanto > M.O. → Melhor agregação do solo (estrutura) →
  - > aeração do solo → > Capacidade de Retenção de água →
  - > Desenvolvimento radicular → > Difusão de K.



# MACRONUTRIENTE

## “Potássio”

### C - CTC:

. Quanto  $> CTC \rightarrow > PTK \rightarrow > K_t \rightarrow < K_s$

Solo Argiloso Rico em M.O.  $\rightarrow > CTC$  ,  $> PTK$  ,  $> K_t$  ,  $< K_s$

Fase Sólida

- K  
- K  
- K  
- K  
- K

$\longleftrightarrow$

K K  
K  
K K

$<$  Lixiviação

Solo Arenoso Pobre em M.O.  $\rightarrow < CTC$  ,  $< PTK$  ,  $< K_t$  ,  $> K_s$

Fase Sólida

- K  
- K  
- K

$\longleftrightarrow$

K K K  
K K K K  
K K K K  
K K K

$>$  Lixiviação



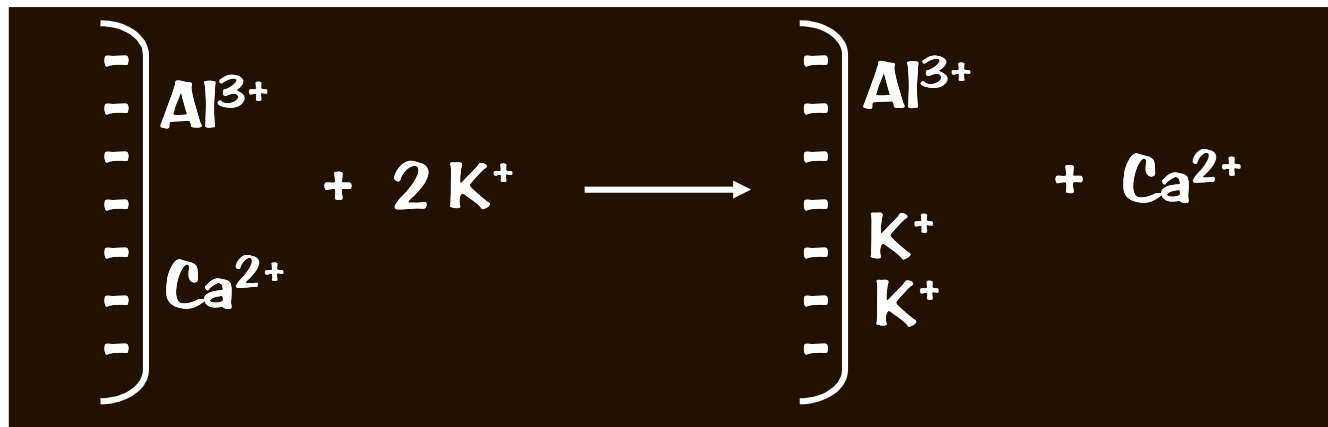
**D – pH:**

- . Afeta indiretamente a fixação de K em solos muito ácidos
  - .. Polimeros de hidroxí-alumínio  $[Al(OH)_2^+]$  podem ocupar os sítios nas entrecamadas de minerais 2:1 (VHE), reduzindo a fixação de  $K^+$ .
- . Diretamente → ↑ pH pela calagem → Cria cargas negativas nos colóides → > CTC → > PTK → > Kt → < Ks .
- . Com a Calagem diminui as perdas por lixiviação de K:
  - .. Ampliação das cargas negativas (maior CTC);
  - .. Competição K/Ca é menor do que K/Al pelos sítios de Troca no solo.



# MACRONUTRIENTE

“Potássio”



MACRONUTRIENTE

“Potássio”

## PODER TAMPÃO DE POTÁSSIO X CALAGEM

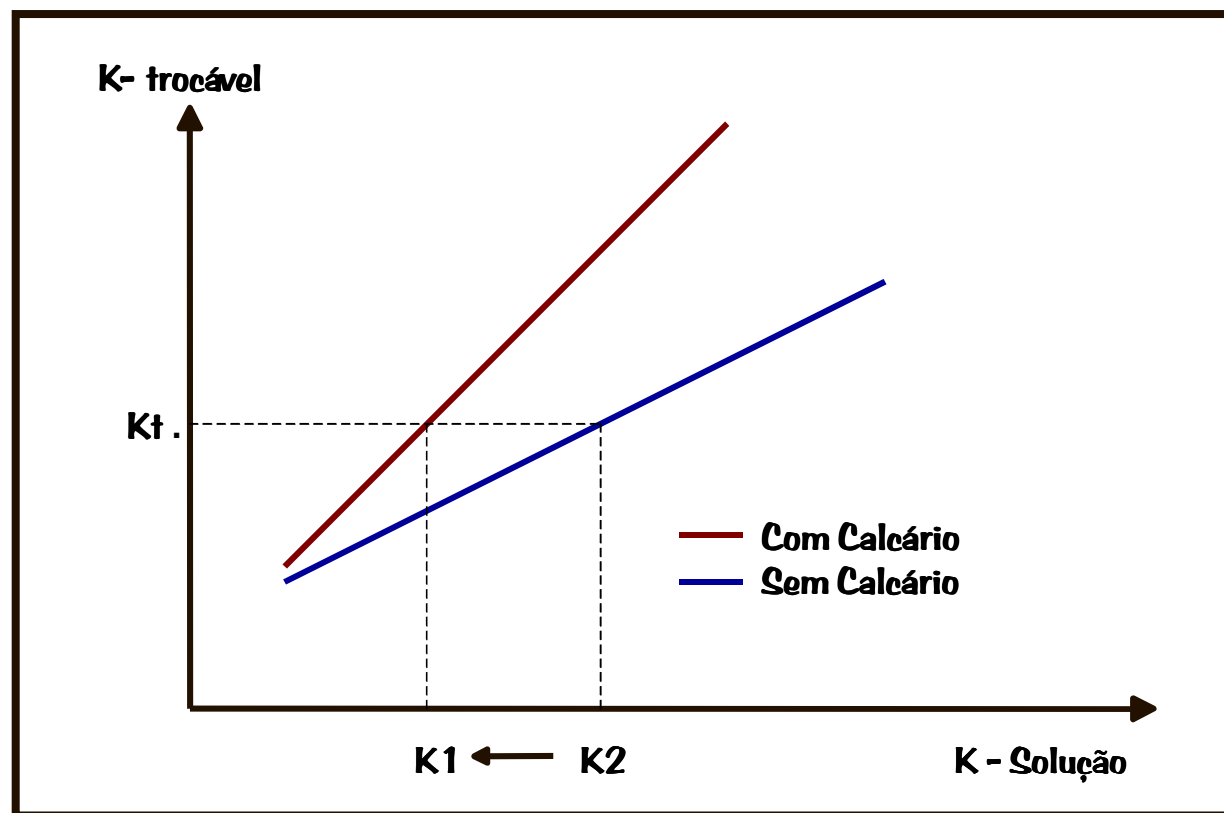


Figura 4 - Efeito da Calagem no PTK.

## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”

- . Para um mesmo valor de K trocável → O K-solução diminuiu de K2 para K1 → Kt aumenta e o PTK também aumenta ligeiramente, dependendo da textura do solo.

**OBS:** Em solos arenosos com pouca M.O. a calagem pode através de Ca e Mg deslocar o K da troca para a solução deixando-o mais sujeito à lixiviação.

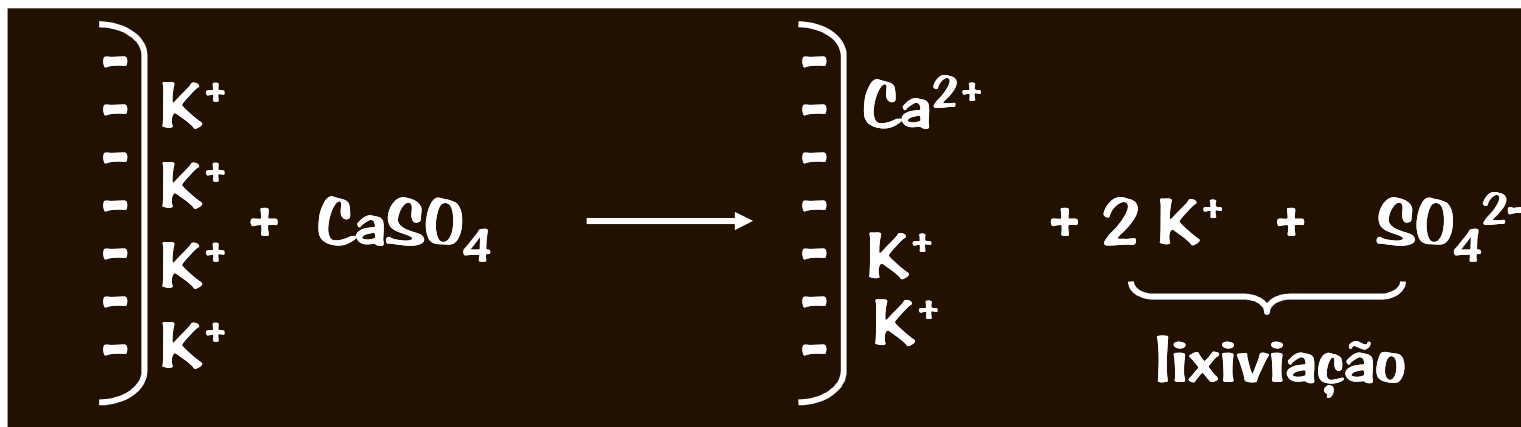


# MACRONUTRIENTE

“Potássio”

## Gessagem:

- . O uso do  $\text{CaSO}_4$  (Gesso Agrícola) → Liberação do ânion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) que atua como íon acompanhante do  $\text{K}^+$  para a subsuperfície.





## E – Quantidade de outros Cátions (Ca e Mg):

### Interação K x Mg

.  $\uparrow K \rightarrow \downarrow Mg$  (Competição por sítios, absorção  $K > Mg$ ).

### . Interação K x Ca:

.. Deficiência de Ca  $\rightarrow \downarrow$  absorção de K;

.. Ca tem papel importante na estabilidade da membrana celular favorecendo a absorção de N, P e K;

.. [Ca] e [Mg] muito elevadas  $\rightarrow$  Maior competição pelos sítios de troca  $\rightarrow$  deslocamento de K para a solução do solo  $\rightarrow$  Maior risco de perdas por lixiviação.



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”



#### **F – Aeração:**

- . Favorece o crescimento de raízes → > difusão de K (+ 80 %).

#### **G – Umidade:**

- . Água favorece os mecanismos de difusão e fluxo de massa importantes para o transporte de K até as raízes das plantas.



## V. Forma de Potássio Absorvida pela Planta

. Íon  $K^+$

## VI. Condições que Favorecem a Ocorrência de Deficiência de Potássio nas Plantas

- . Solos com baixo teores de potássio (arenosos e mais intemperizados);
- . Solos mal drenados ( $H_2S$  e Fe inibem a absorção de K).





- . Solos hidromórficos (orgânicos e gleizados);
- . Solos originados de arenito e rochas calcárias;
- . Solos após a utilização de culturas mais produtivas e exigentes em  $K^+$ .

## VII. Métodos de Avaliação de K no Solo

### ① K prontamente disponível:

- . Mehlich-1 (Carolina do Norte)

$HCl$  0,050 mol/L +  $H_2SO_4$  0,0125 mol/L

- . Acetato de Amônio 1mol/L a pH 7,0



# MACRONUTRIENTE

## “Potássio”

② K disponível a médio e longo prazo:

**A – K-não trocável:**

- . Poder de Suprimento de Potássio

- ..  $\text{HNO}_3$  1mol/L fervente

- ..  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado

- .. Cultivos sucessivos

**B – K-total:**

- .  $\text{HF} + \text{HClO}_4$



## VIII. Principais Adubos Potássicos

- . Cloreto de Potássio -  $\text{KCl}$  (60%  $\text{K}_2\text{O}$ )
- . Sulfato de Potássio -  $\text{K}_2\text{SO}_4$  (54%  $\text{K}_2\text{O}$ )
- . Nitrato de Potássio -  $\text{KNO}_3$  (46,5 %  $\text{K}_2\text{O}$ )
- . Sulfato Duplo de Potássio e Magnésio -  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$  (23 %  $\text{K}_2\text{O}$ )





## IX. Eficiência da Adubação Potássica

**Pode ser aumentada:**

- . Evitando-se a perda de K por lavagem ou lixiviação;
- . Colocando o nutriente ao alcance das raízes;
- . Evitando os danos do efeito salino.



## X. Efeitos Salinos de Adubos Potássicos

### Índice Salino:

- . É o valor relativo da pressão osmótica da solução do adubo, tomando como referência a pressão osmótica do Nitrato de Sódio ( $\text{NaNO}_3$ ), tomado como valor referencial de 100.
- . Quanto mais próximo de 100 for o índice salino → Evitar contato direto semente/adubo ou fazer aplicações parceladas no caso de adubações pesadas.



## X. Efeitos Salinos de Adubos Potássicos

| <b>Adubos</b>        | <b>Índice Salino</b> |
|----------------------|----------------------|
| Nitrato de Sódio     | 100                  |
| Nitrato de Amônio    | 105                  |
| Nitrato de Potássio  | 74                   |
| Uréia                | 75                   |
| Sulfato de Amônio    | 69                   |
| Superfosfato Simples | 8                    |
| Superfosfato triplo  | 10                   |
| Cloreto de Potássio  | 114                  |
| Sulfato de Potássio  | 46                   |



### Cálculo do Índice Salino de um Adubo ou Mistura:

. **Exemplo 1:** Aplicar 300 Kg/ha de KCl o índice salino da aplicação será:

..  $[(\text{Quant. Aplic.} - \text{Kg /ha}) / 1000] \times \text{Índice Salino (Tabela)}$

. **Assim teremos:**

.. Dado Índice Salino do KCl = 114

$(300 / 1000) \times 114 = 34,2 \text{ (Baixo)}$



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”

- . **Exemplo 2.** Aplicar 300 Kg/ha Sulfato de Amônio + 200 Kg/ha Superfosfato Simples + 500Kg/ha de Cloreto Potássio.

.. **Dados:** Índice Salino

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  - 69

SFS - 8

KCl - 114

.. **Assim Teremos:**

$$0,300 \times 69 + 0,200 \times 8 + 0,500 \times 114 = 79,3 \text{ (alto)}$$

.. Neste caso, requer cuidados quanto ao modo de aplicação da mistura, principalmente na produção de mudas devido ao pequeno volume de solo utilizado.



## MACRONUTRIENTE

### “Potássio”

- . OBS:** Por causa do elevado índice de solubilidade, o KCl deve ser aplicado um pouco afastado da semente, cerca de 15 dias antes do plantio e se forem usadas grandes quantidades do adubo, ela deverá ser parcelada e aplicada nestes casos em cobertura.





## VI. Considerações Finais

- A dinâmica do  $K^+$  no solo é dependente de inúmeros fatores como tipo e teor de argila, matéria orgânica e pH do solo.
- Solos da Amazônia (Acre) que ainda têm minerais 2:1 podem ser drenos de potássio, o que não ocorre em solos do Cerrado.
- Cuidados especiais: Adubações pesadas de K em solos com baixo PTK → Elevadas perdas por lixiviação. E com o efeito salino.
- De modo geral solos tropicais → Não são mais considerados fontes.



Obrigado Pela Atenção...

Ribamar Silva