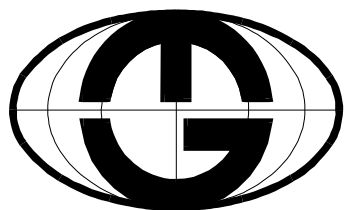


ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES



MULTIGEO

Arthur Pinto Chaves



Escola Politécnica da USP
Multigeo Engenharia Mineral Geologia Meio Ambiente

A photograph showing several farmers working in a flooded rice paddy. They are bent over, planting rice seedlings. The water is muddy and reflects the sky. The farmers are wearing traditional hats and clothing. The text is overlaid on the image in a bold, yellow font.

**Desde tempos imemoriais,
esterco, restos de plantas e de animais,
tortas de grãos vegetais, farinha de ossos
e de conchas, cinzas,
entre outros materiais,
são fontes importantes de fertilizantes.**

A adubação tem duas funções diferentes:

- 1 – fornecer os nutrientes de que o solo é deficiente,**
- 2 - adequar as condições físicas de ventilação, drenagem e proliferação de micro-organismos.**

**Esterco, tortas e composto orgânico só exercem esta segunda função.
Não aportam os elementos químicos necessários.**

As plantas precisam de diferentes elementos químicos para suas funções vitais:

- N, P e K são essenciais para a vida.
- Ca e Mg são necessários em doses relativamente elevadas.

- Ca, Mg e S também atuam como corretivos.
- Zn, Fe, Mn Cu, B, Mb, Cl são necessários em quantidades menores.

Todos estes elementos precisam ser adicionados ao solo.

Fertilizantes:

1 - fertilizantes fosfatados solúveis

a - baixa concentração – super simples (SSP), e o fosfato parcialmente acidulado (FPA)

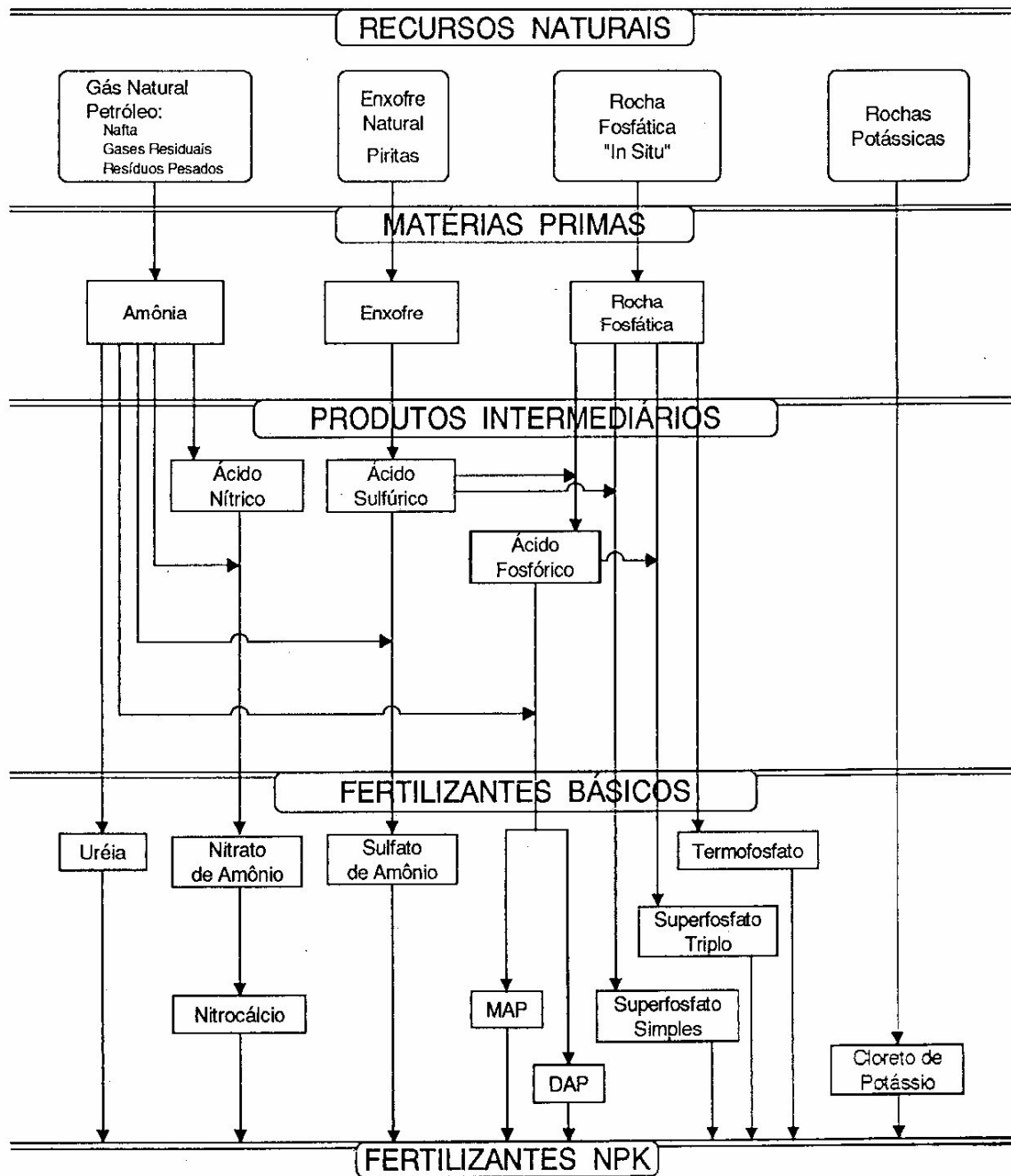
b - alta concentração - mono-amônio fosfato (MAP), triamônio fosfato (TAP), superfosfato triplo (TSP), e triplo simples (TSP)

c - termofosfatos.

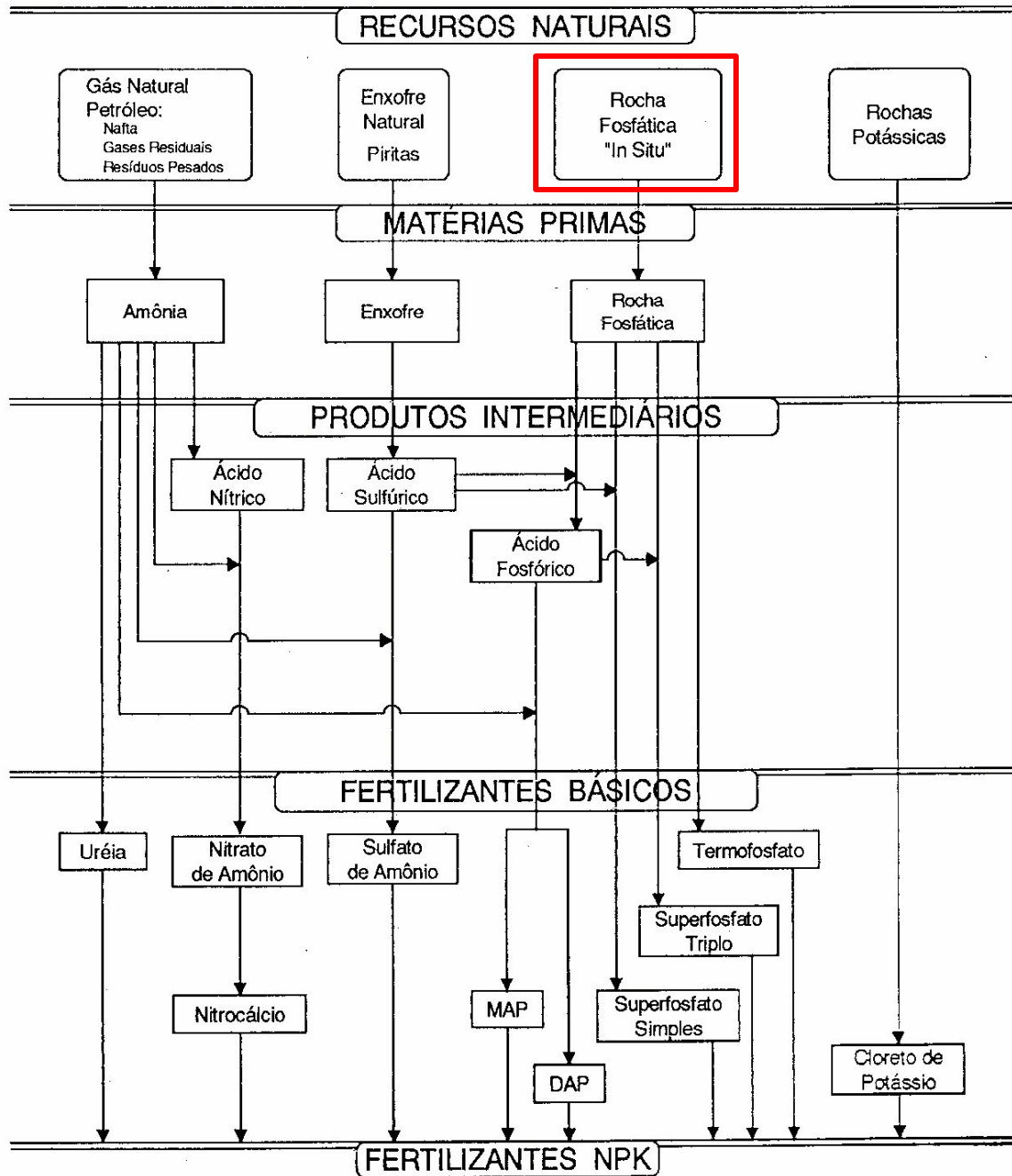
2 - potássio = cloreto de potássio.

3 – nitrogênio.

Este diagrama de blocos relaciona as matérias-primas e os respectivos produtos



Restringir-nos-emos à rocha fosfática nesta apresentação



FÓSFORO

**A fluorapatita é o principal mineral de minério
 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$.**

**O F pode ser substituído por OH^-
(hidróxiapatita) ou por Cl^- (cloroapatita).
O Ca pode ser substituído parcialmente por
Mg, Na, Mn e outros.**

- A apatita ocorre em minérios de origem ígnea**
- grãos melhor cristalizados $\Rightarrow$ mais puros,
e em minérios de origem **sedimentar**
 - grãos mistos com calcita, dolomita, limonitas
e argilas.
 - cristalização pior, às vezes criptocristalina.
Este minério é chamado de **colofanita**.

**Quando bem cristalizada,
a apatita tem baixa solubilidade.**

**Para que o fósforo possa ser aproveitado pelas
plantas, ele precisa ser colocado numa forma
solúvel.**

solubilização da apatita

1 – pirometalúrgica: fundir as apatitas e resfriá-las rapidamente, de modo a impedir a recristalização,

2 – química: sintetizar outro fosfato de alta solubilidade.

Já a colofanita é mais solúvel e pode ser aplicada diretamente ao solo. A substituição do PO_4^{3-} por CO_3^{2-} desestabiliza a estrutura cristaloquímica, aumentando a solubilidade.

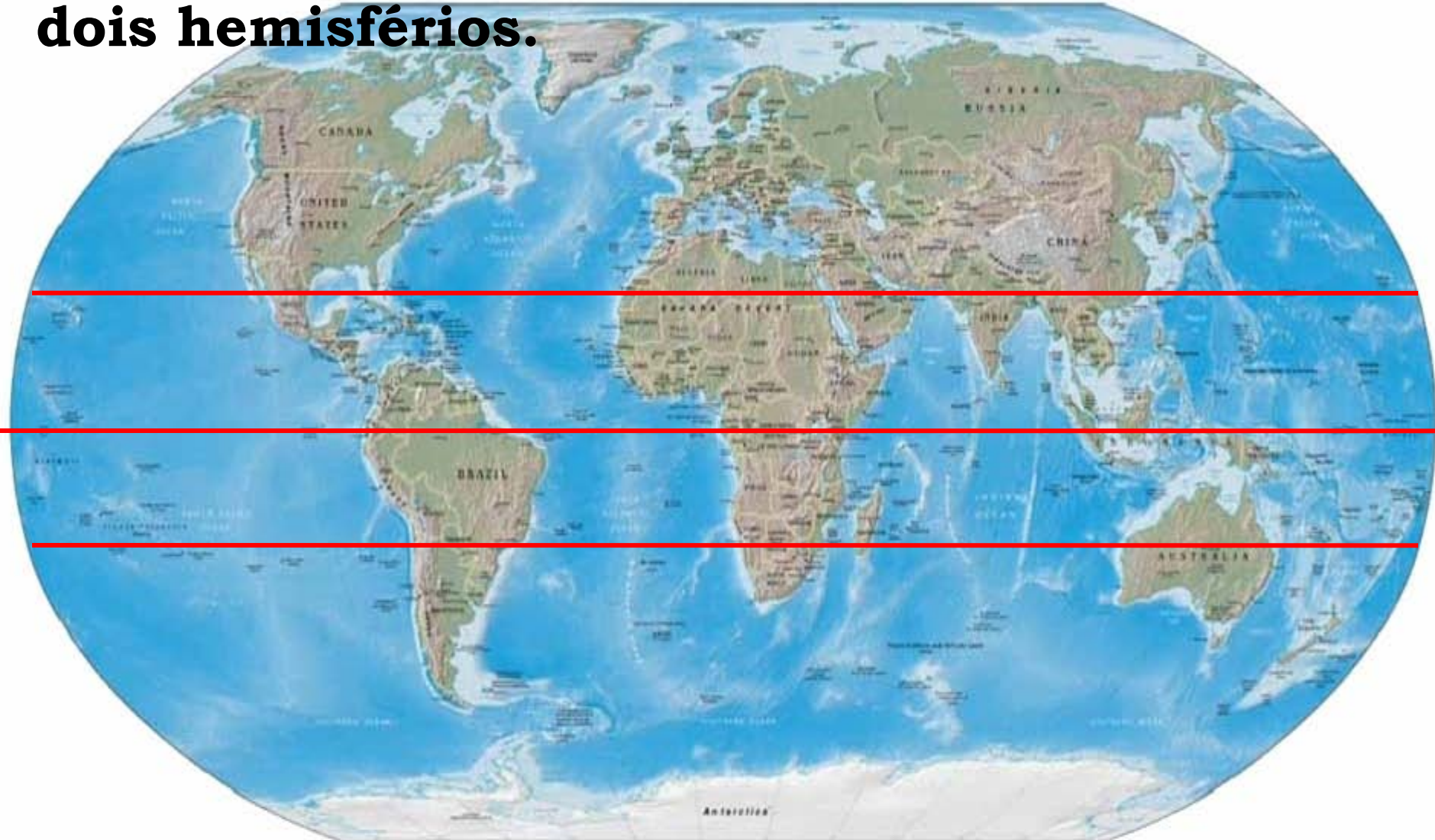
Oficina 2 – Rochas e minerais alternativos para a obtenção de fertilizantes

**Observe
o mapa-
mundi.**



ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES

As extensões territoriais são diferentes nos dois hemisférios.



Os países desenvolvidos no h. N estão muito mais ao N do que os países do h. S.
O Brasil está quase todo compreendido entre o Equador e o Trópico.
Seu clima é totalmente diferente dos ~~países desenvolvidos do hemisfério norte !~~



Oficina 2 – Rochas e minerais alternativos para a obtenção de fertilizantes

22, 23 e 24 /11/ 2008

Temos chuvas intensas aqui !

Balneário Camboriú

ROTAS TECNOLÓGICAS CONVENCIONAIS E ALTERNATIVAS PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTES

No hemisfério norte a precipitação é principalmente na forma de neve. Ela se acumula no solo e se dissolve lentamente ao longo do ano.

como consequência, os solos são diferentes !

tropicais	temperados
predomínio de caulinita	predomínio de montmorilonita
mais profundos	mais rasos
pequena capacidade de troca de cátions	elevada capacidade de troca de cátions
mais pobre em Si	mais rico em Si
mais rico em Al e Fe	mais pobre em Al e Fe
pouca fixação de K e NH ₄	apreciável capacidade de fixar K e NH ₄
elevada capacidade de fixar P	pequena capacidade de fixar P
mais ácido	menos ácido
friável	pegajoso
mais grumoso em estado natural	estrutura menos grumosa
decompõe rapidamente a matéria orgânica	decompõe lentamente a matéria orgânica
raramente acumula húmus	pode acumular húmus em quantidade
possui microvida muito ativa	possui microvida pouco ativa
sofre facilmente erosão	raramente ocorre erosão
por chuvas torrenciais	pelas chuvas fracas
sofre superaquecimento	é muito frio
necessita proteção contra insolação direta	necessita ser aquecido
baixa capacidade de retenção de água	alta capacidade de retenção de água

A adubação também deveria sê-lo !

tropicais	temperados
predomínio de caulinita	predomínio de montmorilonita
mais profundos	mais rasos
pequena capacidade de troca de cátions	elevada capacidade de troca de cátions
mais pobre em Si	mais rico em Si
mais rico em Al e Fe	mais pobre em Al e Fe
pouca fixação de K e NH_4	apreciável capacidade de fixar K e NH_4
elevada capacidade de fixar P	pequena capacidade de fixar P
mais ácido	menos ácido
friável	pegajoso
mais grumoso em estado natural	estrutura menos grumosa
decompõe rapidamente a matéria orgânica	decompõe lentamente a matéria orgânica
raramente acumula húmus	pode acumular húmus em quantidade
possui microvida muito ativa	possui microvida pouco ativa
sofre facilmente erosão	raramente ocorre erosão
por chuvas torrenciais	pelas chuvas fracas
sofre superaquecimento	é muito frio
necessita proteção contra insolação direta	necessita ser aquecido
baixa capacidade de retenção de água	alta capacidade de retenção de água

Argumentos contra a utilização de fertilizantes de alta solubilidade no Brasil:

1 - fabricação $\Rightarrow$ concentrados de teor elevado de P_2O_5 e de baixos teores de SiO_2 , Fe_2O_3 e $Al_2O_3 \Rightarrow$ muitas jazidas marginalizadas + perdas de mineral na concentração $\Rightarrow$ grandes volumes das reservas inaproveitáveis.

2 - importação de S ou H_2SO_4 : o Brasil importa 90% do enxofre que usa, 70 % para a indústria de fertilizantes.

3 - 4,5 t de fosfogesso /t ácido fosfórico.

4 - elevada solubilidade $\Rightarrow$ a maior parte dele solubilizada na primeira chuva $\Rightarrow$ pequena parte aproveitada $\Rightarrow$ maior parte arrastada pelas águas de superfície ou de subsolo.

5 - fosfato dissolvido e arrastado $\Rightarrow$ poluição dos cursos d'água e do lençol freático, facilitada pela compactação dos solos tropicais

6 - rápida retrogradação dos fosfatos adicionados. Reação com o ferro e alumínio dos solos, formando fosfatos pouco solúveis + retorno à forma de apatita, também pouco solúvel.

Consequência: aproveitamento < 15 %.

Argumentos a favor:

consideram a eficiência agronômica do fertilizante, ou seja, o comportamento dos cultivares imediatamente após a aplicação.

1 - experimentos agronômicos controlados - os fertilizantes fosfatados de alta solubilidade (SSP, TSP, MAP e DAP) e os termofosfatos apresentam elevada eficiência agronômica.

Os fosfatos parcialmente acidulados e os fosfatos naturais de origem sedimentar apresentam média eficiência.

Os fosfatos naturais brasileiros, de origem vulcânica, têm baixa eficiência agronômica (Goedert e Sousa, 1984, citado em Lopes, 2005).

2 - Goedert et al., 1991 (cit. Lopes, 2005) - os SSP e TSP se comportaram, para a média de quatro anos, num patamar semelhante aos termofosfatos fundido e calcinado.

3 - A fixação do fósforo pelo solo não é um fenômeno totalmente irreversível - grande parte do fósforo "fixado" pode, com o passar dos anos voltar a ser disponível para as plantas. Isto ocorre principalmente quando se adota a rotação de culturas e se escolhem espécies eficientes em extrair fósforo. Sousa Lobato, 2004: durante 22 anos, culturas anuais - recuperação de P = 44 % e, quando foram introduzidas pastagens, = 85 % (Lopes, 2005).

4 - A poluição dos cursos d'água decorreria principalmente do fosfato aderido às partículas de solo arrastadas para dentro do curso d'água.

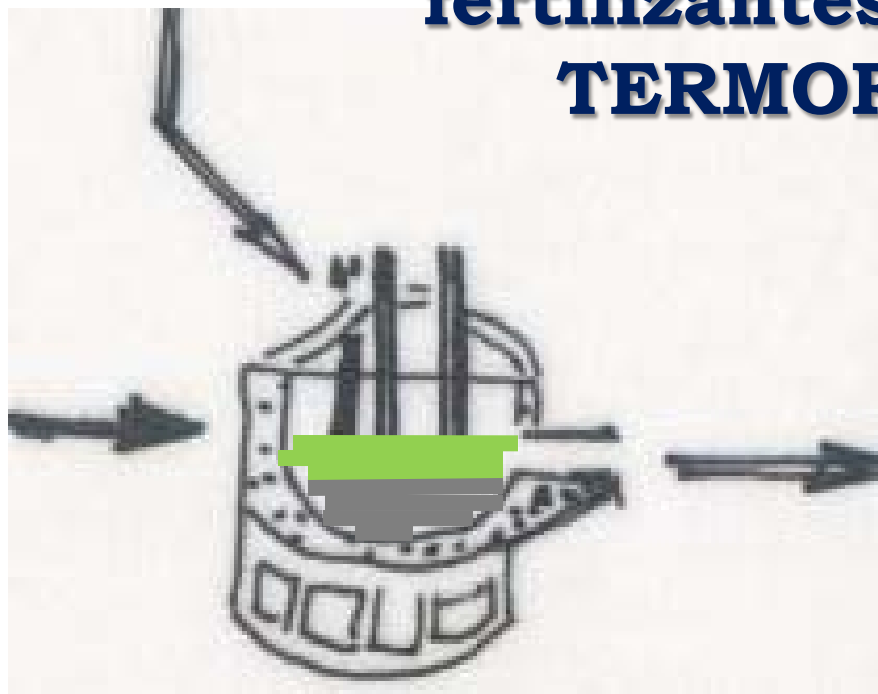
Isto seria fruto de práticas agrícolas impróprias.

A preservação / manutenção da mata ciliar e de faixas de gramíneas ao longo dos cursos d'água + boas práticas de conservação do solo são suficientes para minimizar este impacto (Lopes, 2005).

fluxantes

**fertilizantes alternativos:
TERMOFOSFATOS**

**rocha
fosfática**



**termofosfato
(escória)
ferrofósforo**

**forno elétrico de
redução**

**fertilizantes alternativos:
TERMOFOSFATOS**

**termofosfato
magnesiano
fundido,
fosfato
Rhenânia e
fosfato
desfluorizado**

fertilizantes alternativos: OUTRO

Processo Humifert:

**sintetização de ácido nítrico a partir do
nitrogênio do ar,
fixação sobre um substrato orgânico e com
material fosfatado**

= fertilizante organo-fosfatado-nitrogenado

fertilizantes alternativos

Sem entrar no mérito agronômico, estes permitem utilizar matérias-primas cujas especificações sejam mais relaxadas que as dos processos de fabricação de fertilizantes de alta solubilidade:

- minérios de baixo teor,**
- minérios marginais,**
- rejeitos,**
- outros minérios.**

Oficina 2 – Rochas e minerais alternativos para a obtenção de fertilizantes



Obrigado !

apchaves@usp.br

arthurchaves@multigeo.com.br



MULTIGEO