



63

CETEM

Série Estudos & Documentos

**Críticas ao Modelo
Brasileiro de
Fertilizantes
Fosfatados de Alta
Solubilidade**

**Arthur Pinto Chaves
Carlos Alberto Ikeda Oba**

Presidência da República

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA

Vice-Presidente

Ministério da Ciência e Tecnologia

EDUARDO CAMPOS

Ministro da Ciência e Tecnologia

LUÍS MANUEL REBELO FERNANDES

Secretário Executivo

AVÍLIO FRANCO

Secretário de Coordenação das Unidades de Pesquisa

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

ADÃO BENVINDO DA LUZ

Diretor do CETEM

ARNALDO ALCOVER NETO

Coordenador de Análises Minerais

ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS

Coordenador de Apoio as Micro e Pequenas Empresas

COSME ANTONIO DE MORAES REGLY

Coordenador de Administração

FERNANDO FREITAS LINS

Coordenador de Assessoramento Tecnológico

RONALDO LUIZ C. DOS SANTOS

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

ISSN 0103-6319

Coletânea Fertilizantes - VI

**Crítica ao Modelo Brasileiro de
Fertilizantes Fosfatados de Alta
Solubilidade**

ARTHUR PINTO CHAVES

Professor Titular do Dep. de
Engenharia de Minas e Petróleo da
Escola Politécnica da USP

CARLOS ALBERTO IKEDA OBA

Geólogo da Multigeo Mineração
Geologia e Meio Ambiente.
Doutor pelo Institut National
Polytechnique de Toulouse e pela
Escola Politécnica da USP

CETEM / MCT
2004

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Carlos César Peiter

Subeditor

Maria Laura Barreto

Conselheiros Internos

Francisco E. de Vries Lapido-Loureiro

Francisco R. C. Fernandes

Gilson Ezequiel Ferreira

Conselheiros Externos

Alfredo Ruy Barbosa (Consultor)

Gilberto Dias Calaes (ConDet)

José Mário Coelho (CPRM)

Rupen Adamian (UFRJ)

Saul Barisnik Suslick (UNICAMP)

A **Série Estudos e Documentos** publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos e de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minero-metalúrgica.

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Jackson de F. Neto COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro CAPA

Dayse Lúcia Moraes Lima EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Chaves, Arthur Pinto

Coletânea fertilizantes VI: Crítica ao modelo brasileiro de fertilizantes de alta solubilidade/Arthur Pinto Chaves, Carlos Alberto Ikeda Oba. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2004.

25 p. (Série Estudos e Documentos, 63)

1. Fertilizantes fosfatados. I. Centro de Tecnologia Mineral. II. Título. III. Série.

ISBN 85-7227-207-1

ISSN 0103-6319

CDD 668.6

Sumário

Resumo	6
Abstract	7
1. Introdução	9
2. Os solos tropicais	12
3. O clima e o solo	15
4. A vida no solo	16
5. O Fósforo	17
6. A retrogradação do Fósforo	18
7. Fertilizantes fosfatados	20
8. Conclusões	22
Referências bibliográficas	24

Resumo

Este trabalho é fruto das pesquisas desenvolvidas por um dos autores no âmbito do programa de doutoramento realizado em parceria entre a Escola Politécnica da USP e o Institut National Polytechnique de Toulouse e, principalmente, de anos de estudo/pesquisa e da experiência profissional acadêmica do outro autor, Arthur Pinto Chaves. O trabalho apresenta uma crítica ao modelo de fabricação de fertilizantes de alta solubilidade implantado no Brasil e importado dos países industrializados, todos eles localizados em regiões de clima temperado.

Desta forma, o trabalho descreve a importância e função dos fertilizantes fosfatados, ressalta as diferenças entre os solos de clima tropical e temperado, além de apresentar e discutir os mecanismos atuantes no processo de retrogradação do fósforo nos solos.

As técnicas de tratamento da rocha fosfática brasileira para produção de fertilizantes tradicionais são abordadas, assim como as consequências da exploração de minérios, rígida quanto a teores, as condições severas de beneficiamento e os grandes volumes de rejeitos gerados no processamento químico do concentrado, que originam diversos materiais estéreis, rejeitos e seus respectivos problemas ambientais e econômicos.

Palavras-chave: solos tropicais, retrogradação do fósforo, fertilizante fosfatado, alta solubilidade.

Abstract

This project is the result of the researches carried on for a doctorate program of one of the authors as well as the years of researches, studies and mainly the professional/academic experience of the second author. This program was done with a partnership between the Polytechnic School of USP and the Institut National Polytechnique of Toulouse. The project demonstrates a criticism to the model of the manufacture of high solubilization fertilizer implemented in Brazil after being imported from industrialized countries located in temperate climate regions.

Therefore, the project describes not only the importance and function of the phosphated fertilizers but it also highlights the differences between the tropical and temperate climate soils besides showing and discussing the active mechanisms in the process of retrogradation of the phosphorus in the soils.

The techniques of treatment of the brazilian phosphatic rock for the production of traditional fertilizers are broached here as well as the results of the rigid exploitation of ore as for the content, the rigid production conditions and the great quantity of rejects generated by the chemical process of the concentrate, generating several sterile materials, rejects and its respective environmental and economic problems.

Keywords: tropical soils, phosphorus retrogradation, phosphated fertilizers, high solubilization.

1. Introdução

Desde os tempos pré-históricos, quando o homem começou a desenvolver a agricultura, até o século 19, a utilização de matérias orgânicas foi a única forma de fertilização das culturas. As matérias orgânicas participam da melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos com a manutenção ou aumento da estabilidade estrutural, com aporte de elementos minerais – nitrogênio, fósforo, potássio e outros micronutrientes – assim como de compostos de carbono, fonte de energia para a microvida.

A presença de húmus, produto intermediário no ciclo decomposicional das matérias orgânicas, originado pela ação da microvida existente (oxidação biológica), tem função importante nas propriedades dos solos. A fertilidade natural dos solos está intimamente ligada à presença de húmus.

A função principal do fósforo na biosfera é bastante conhecida. Sabe-se que ele está presente no nível celular de todos os seres vivos do reino animal e vegetal, seja na composição dos ácidos nucléicos (ADN e ARN), que atuam no suporte das informações genéticas, seja na formação das moléculas de ATP (adenosina trifosfato), representando a única forma de energia diretamente utilizável pela célula.

O fósforo, o nitrogênio e o potássio, são os macronutrientes primários necessários para as plantas. Na crosta terrestre, o fósforo é um elemento pouco abundante, concentrando-se, principalmente, em jazimentos sedimentares e secundariamente em jazimentos magmáticos.

Em solos virgens, a combinação entre a presença de matérias orgânicas e a disponibilidade de nutrientes garante a produtividade agrícola por algumas safras. A exposição direta do solo às condições climáticas, principalmente em países de clima tropical, aliada à retirada dos nutrientes pelas plantas, torna os solos muito pouco produtivos. A recuperação natural desses solos pode levar de 8 a 20 anos e, em alguns casos, torna-se impossível.

O homem intervém neste processo, adicionando artificialmente os macro e micronutrientes aos solos, principalmente na forma de fertilizantes fosfatados. Nos países ricos, notadamente de clima temperado, o aporte de fertilizantes fosfatados é maior que a quantidade absorvida pelas culturas. Formam-se, progressivamente, solos cada vez mais ricos em fósforo, principalmente sob a forma retrogradada, em associação com o cálcio, alumínio e ferro disponíveis nos solos. A forma retrogradada é pouco solúvel e pouco disponível para as plantas.

No Brasil, a implantação do parque industrial para a fabricação de fertilizantes transplantou o modelo das indústrias existentes nos países desenvolvidos, todos eles localizados em regiões temperadas. Este modelo, evidentemente, visa atender às condições de suas matérias-primas, climas e solos, não às nossas. Ou seja, importou-se um modelo estrangeiro sem uma reflexão mais detida sobre a sua aplicabilidade à realidade brasileira.

Como consequência, a grande maioria dos fertilizantes fosfatados produzidos no Brasil apresenta elevada solubilidade em água e rápida liberação de nutrientes. Origina-se principalmente do tratamento sulfúrico de concentrados de apatita (CEKINSKI, 1993), oriundos de jazimentos magmáticos e requer teores de 36-37% de P_2O_5 e baixos teores de SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 . A obtenção de concentrados que atendam às especificações de mercado, especialmente o elevado teor, inviabiliza a exploração mineira de muitos depósitos de rochas fosfáticas. Além disso, resulta em grandes perdas de fósforo durante o rigoroso processo de concentração. Ou seja, grandes volumes de matérias-primas minerais deixam de se constituir em jazidas, passando a serem considerados estéreis ou minérios marginais e porções significativas do material lavrado são desprezadas como rejeitos de beneficiamento.

Outro problema decorrente da intensa aplicação de fertilizantes de alta solubilidade, evidenciado por diversos estudos recentes, é a crescente poluição das águas dos rios, riachos e lagos pelo fósforo. Em países de clima tropical, a compactação dos solos e as chuvas torrenciais agravam o

arraste do fósforo para os leitos dos rios. Acredita-se mesmo que a agricultura seja hoje a atividade industrial mais poluente e a mais agressiva às águas de superfície e subterrâneas no Brasil (OBA, 2000).

A compreensão dos fatos expostos, analisados sob o atual nível do conhecimento, e principalmente sob o ponto de vista agrônômico, ambiental e de desenvolvimento auto-sustentável, mostram que o modelo atual, isto é, a utilização de fertilizantes de alta solubilidade em solos tropicais como o brasileiro não é a mais adequada, donde a conveniência e a necessidade de se buscarem alternativas a ela.

O único fertilizante alternativo produzido no país, em pequena escala, é o termofosfato magnesiano fundido, de solubilização lenta e com fixação reduzida nos solos.

O processo Humifert, desenvolvido pelos pesquisadores F. Sternicha (1988) e A. Bernard há poucos anos, propõe uma alternativa com a elaboração de um novo fertilizante organo-fosfatado através de técnicas simples, a partir de fosfatos naturais brutos (ricos ou pobres em P_2O_5) e de matérias orgânicas umidificadas, tais como as turfas, bagaços, palhas etc.

2. Os solos tropicais

O solo é o meio natural que sustenta os vegetais, no qual as raízes podem crescer retirando os elementos indispensáveis para seu desenvolvimento. A ação acumulada de diversos fatores origina os diferentes tipos de solos.

As características físicas, químicas e biológicas dos solos são determinadas pelo tipo de rocha-mãe e pela atividade biológica. O clima, o relevo e sobretudo o tempo atuam na evolução destes constituintes. A presença da matéria orgânica, principalmente na sua forma intermediária no ciclo decomposicional, ou seja de húmus, é de importância vital para a manutenção da bioestrutura dos solos.

Os solos apresentam uma variação no valor de sua porosidade, mas em geral, a fração sólida não ultrapassa 50% do volume total. Os espaços livres são ocupados pela água e pelos gases. Devido à atividade da microflora telúrica associada às raízes, a proporção de gás CO_2 é mais elevada que a de ar.

A fração sólida é constituída de material mineral (95-98%) e o restante de matéria orgânica. Normalmente é a fração mineral fina, como as argilas e as partículas coloidais, que condiciona a capacidade de retenção de água e os fenômenos de troca de íons (ANDRE, 1972).

Os organismos vivos, como as bactérias, fungos, toda microflora e microfauna, atuam no solo, condicionando principalmente as suas características físicas.

O bom desenvolvimento dos vegetais é condicionado pela bioestrutura do solo; devendo possibilitar o bom desenvolvimento das raízes, possuir o suficiente em nutrientes, armazenar a maior quantidade de água disponível, ser suficientemente arejado e não conter substâncias tóxicas que prejudiquem as raízes.

Em solos virgens, a produtividade agrícola é garantida pela presença de matérias orgânicas e pela disponibilidade de nutrientes. Após a retirada da cobertura vegetal protetora do solo, principalmente em países de clima tropical, e da retirada dos nutrientes devido às atividades agrícolas intensivas, os solos tornam-se muito pouco produtivos em prazos muito curtos.

Nos solos de clima tropical, normalmente, o principal mineral do grupo das argilas é a caulinita, que apresenta baixa capacidade de troca de cátions. Estes solos caracterizam-se por sofrerem maior intemperismo, apresentando maior lixiviação de seus constituintes, alta solubilidade dos silicatos e acumulação de hidróxidos de ferro e alumínio.

A tabela 1 compara as características principais dos solos tropicais, como a maioria dos solos brasileiros, com as dos solos dos países de climas temperados, dos quais importamos o modelo de fabricação de fertilizantes.

Tabela 1⁽¹⁾: Principais características dos solos tropical e temperado.

TROPICAL	TEMPERADO
predomínio de caulinita	predomínio de montmorilonita
perfil mais profundo	perfil mais raso
baixa CTC	alta CTC
mais pobre em Si e mais rico em Al e Fe	mais rico em Si e mais pobre em Al e Fe
pouca fixação de K e NH ₄	apreciável capacidade de fixar K e NH ₄
grande capacidade de fixar P	baixa capacidade de fixar P
mais ácido	menos ácido
friável	pegajoso
mais grumoso em estado natural	estrutura menos grumosa
decompõe rapidamente a matéria orgânica e raramente acumula húmus	decompõe lentamente a matéria orgânica, podendo acumular húmus em grande quantidade
possui microvida muito ativa	possui microvida pouco ativa
sofre facilmente erosão por chuvas torrenciais	raramente ocorre erosão pelas chuvas fracas
sofre de superaquecimento, necessitando de proteção contra insolação direta	é muito frio, necessitando ser aquecido por insolação direta
baixa capacidade de retenção de água	alta capacidade de retenção de água

CTC-Capacidade de troca de cátions.

⁽¹⁾ (FRANCHI, 1997)

Entre estas características destacam-se a rápida decomposição da matéria orgânica nos solos tropical e subtropical, ocasionando a deterioração da bioestrutura dos solos, causando como consequência a redução da produtividade. A reincorporação de matéria orgânica a estes solos é de vital importância para a agricultura intensiva.

A grande capacidade de fixação de fósforo nos solos tropicais é outra característica importante. Esta fixação ocorre pelo fenômeno da retrogradação dos fosfatos de alta solubilidade adicionados aos solos. Estes fosfatos reagem com o ferro e alumínio dos solos, formando fosfatos muito pouco solúveis (AMOROS, 1987), que não permitem o aproveitamento deste nutriente pelas plantas.

A grande diferença entre as características destes solos, aliadas às diferenças climáticas, das quais os solos sofrem influências, indicam a necessidade de um fertilizante mais apropriado à grande parte dos solos brasileiros. A fertilização de solos tropicais deve, no mínimo, considerar a possibilidade de utilização de um produto de solubilização mais gradual, com menores perdas por arraste pelas águas pluviais e pela retrogradação a fosfatos insolúveis, e a adição de matéria orgânica.

Calcula-se que as perdas decorrentes do arraste pelas chuvas e a fixação do fósforo nos solos tropicais possam estar causando, em alguns casos, um aproveitamento inferior a até 15% sobre o total adicionado.

3. O clima e o solo

Os principais fatores climáticos que atuam no condicionamento dos solos são a temperatura e a água. Existem três modelos para o desenvolvimento dos solos.

Em regiões sem estação seca definida e com solos arenosos ou sob florestas, ocorre o fenômeno da podzolização. A predominância da infiltração das águas das chuvas provoca uma lixiviação dos nutrientes, tornando o solo muito pobre e ácido. As florestas garantem uma boa infiltração das águas, protegendo o solo do impacto direto das chuvas, mas também impedem a ascensão da temperatura acima de 24°C, evitando uma maior evaporação.

Em climas tropical e subtropical com estações secas bem pronunciadas, ocorre a laterização dos solos. Verifica-se a concentração de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio na superfície destes solos, pela desilicificação intensa dos minerais, chegando à formação de espessas concreções lateríticas.

O processo de salinização ocorre em zonas com predomínio da evaporação sobre a infiltração, normalmente em climas semi-áridos a sub-úmidos, ou em regiões desérticas com chuvas concentradas em alguma época restrita do ano. Pode ocorrer também em regiões com boas precipitações mas com solos extremamente compactados, que impedem a infiltração. Devido à ascensão de soluções com Ca^{++} , Na^+ , Mg^{++} e K^{++} , e com o predomínio do processo de evaporação, ocorre a precipitação de sais na superfície dos solos. A ocorrência deste fenômeno por anos seguidos pode conduzir a uma salinização definitiva.

4. A vida no solo

A maioria dos seres vivos presentes no solo tem atividade benéfica à sua estrutura e à mobilização de nutrientes. O solo apresenta a microfauna, que somente é visível ao microscópio, a mesofauna, que é visível a uma atenta observação a olho nu, e a macrofauna, que é composta pelos seres maiores. Todos os seres influenciam-se mutuamente, ocorrendo vários tipos de simbioses, sendo o equilíbrio bastante frágil, principalmente quando da interferência humana.

Os principais condicionadores do solo atribuídos aos seres vivos são: a decomposição da matéria orgânica ou humificação, a manutenção das boas propriedades físicas e a disponibilização de nutrientes aos vegetais.

A textura, nível de umidade, porosidade, temperatura, luz e insolação são fatores que controlam a existência de vida nos solos.

A atividade agrícola intensiva no solo, com mudanças na bioestrutura, ocasiona um desequilíbrio biológico, acarretando uma proliferação exagerada de algumas espécies, muitas vezes nocivas às culturas e de difícil controle.

5.0 Fósforo

O fósforo, um dos macronutrientes primários necessários às plantas, é um elemento muito mal distribuído e pouco abundante na crosta terrestre (0,12% na crosta). Estima-se que 80% das jazidas de fosfatos são de origem sedimentar, associadas a antigos litorais marinhos ou lacustres, onde houve uma deposição por precipitação química (evaporação e saturação) ou/e acumulação de esqueletos, carapaças e outros constituintes de seres vivos. As jazidas de origem magmática são mais raras, mas são importante fonte de fósforo em alguns países como o Brasil.

O fósforo ocorre, mais frequentemente, sob a forma de cristais de estrutura complexa da família das apatitas. Nos jazimentos de origem sedimentar predominam as apatitas do tipo francolita, enquanto a fluorapatita prevalece nas jazidas magmáticas.

As apatitas brasileiras, em sua maioria, são constituídas por uma mistura entre a fluorapatita e a hidroxapatita.

As plantas absorvem o fósforo pelas raízes, principalmente sob a forma de íons H_2PO_4^- e HPO_4^{2-} . A ausência de fósforo na nutrição vegetal limita o crescimento e reprodução da planta. Os vegetais absorvem o fósforo de maneira continuada, desde a germinação até a frutificação.

O fósforo foi o primeiro elemento a ser adicionado pela fertilização artificial. Os países desenvolvidos, usualmente, fertilizam os solos com quantidades superiores às necessidades assimiláveis pelas culturas e, com isto, os solos estão se tornando progressivamente mais pobres em fósforo. Este fósforo fixa-se nos solos, sob uma forma insolúvel, pouco assimilável pelas plantas. A assimilação deste fósforo retrogradado seria suficiente à alimentação vegetal por longo período.

6. A retrogradação do fósforo

Retrogradação é o fenômeno pelo qual o fósforo solúvel, normalmente adicionado ao solo pelo homem, passa a um estado insolúvel, como a apatita nos solos de climas temperados ou os fosfatos de alumínio e/ou ferro nos solos tropicais, tornando-se pouco ou não assimiláveis pelas plantas.

Nos solos calcáreos ocorre a retrogradação apatítica, sendo que a presença de cálcio conduz à precipitação de fosfatos de cálcio sob formas cada vez mais insolúveis. A solubilidade destes fosfatos diminui frente ao aumento da relação Ca/P (AMOROS, 1987) (Figura 1)

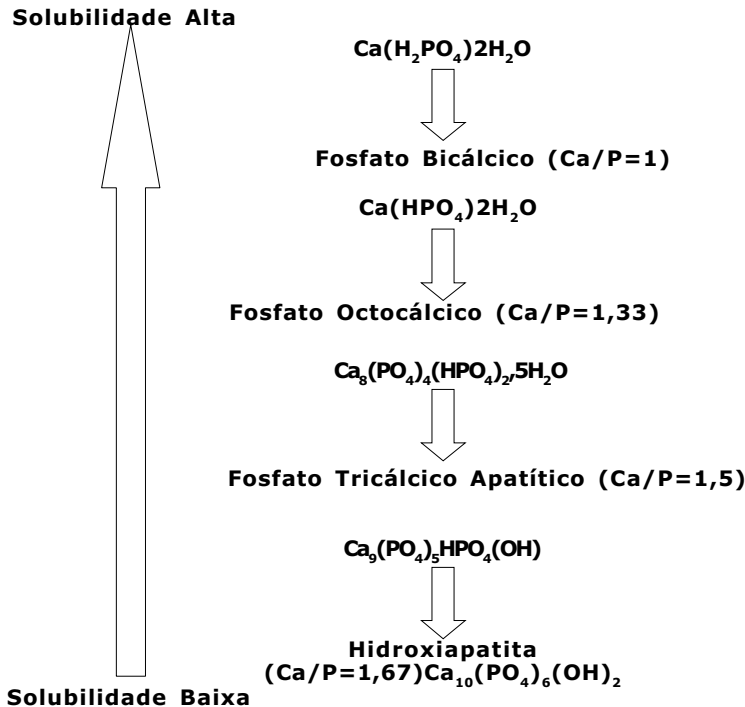


Figura 1: Fosfato Monocálcico Monohidratado (Ca/P=0,5)

Nos climas tropicais, em que predominam os solos ácidos, diante da carência de cálcio, o fósforo se retrograda a fosfatos de ferro e fosfatos de alumínio, que também são formas muito pouco solúveis.

Uma terceira forma de retrogradação é a fixação do fósforo ou fosfato na superfície das argilas.

Estes fosfatos retrogradados podem, ocasionalmente, participar da nutrição das plantas quando ocorrerem mudanças no pH dos solos, pela atividade microbiana e pela ação da matéria orgânica. Algumas espécies vegetais têm a capacidade de utilizar estes fosfatos pouco solúveis na sua nutrição.

7. Fertilizantes fosfatados

A utilização direta da apatita como agente fertilizante em fósforo é pouco eficaz, devido a sua baixa solubilidade.

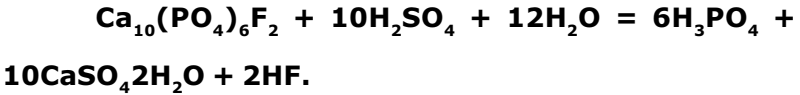
No Brasil, a transformação da apatita em uma fase mais solúvel é realizada por duas vias principais (CEKINSKI, 1993).

Pela via térmica, o fosfato é misturado às escórias magnesianas, sendo a mistura fundida a 1400°C e resfriada bruscamente em água. O produto final, com aspecto vítreo é seco e finamente moído. O termofosfato é produzido no Brasil desde 1968, primeiramente pela Mitsui, e mais tarde pela Cooperativa Agrícola de Cotia e Cia. Níquel do Brasil (FIGUEIRA, 1994).

Diversos autores brasileiros (GUARDANI e VALARELLI, 1981 e 1982; LEITE, 1985; PEREIRA, 1987; RAHAL, 1990; RAHAL e VALARELLI, 1990 e FIGUEIRA, 1994) têm estudado a introdução de rochas com teores de potássio no termofosfato, visando à incorporação de mais um macronutriente primário, e, desta forma, reduzir a utilização de KCl importado.

Pela via úmida, o fosfato é atacado pelo ácido sulfúrico produzindo o superfosfato simples (SSP – Single Super Phosphate) ou o ácido fosfórico. O teor de P_2O_5 no SSP varia conforme o teor de fósforo na rocha inicial, normalmente oscilando entre 16 a 22%.

Quando o objetivo é a produção de ácido fosfórico, a partir da fluorapatita, pode-se considerar a reação básica como sendo:



Verifica-se que para cada molécula de apatita tratada necessita-se de dez moléculas de ácido sulfúrico. Esta equação, também, nos indica que para seis moles de ácido fosfórico produzido, geram-se dez moles de gipso, valores que explicam as montanhas de gipso que se acumulam nos parques industriais de fabricação de ácido fosfórico. O ácido fosfórico pode ser utilizado para reagir com o fosfato, originando o superfosfato triplo (TSP – Triple Super Phosphate). Neste produto o teor de P_2O_5 será o dobro do obtido pelo superfosfato simples.

A neutralização do ácido fosfórico com a amônia produzirá os chamados fertilizantes binários (N – nitrogênio e P – fósforo). Os produtos assim obtidos podem ser o fosfato monoamônico (MAP) e o fosfato diamônico (DAP). O MAP, sal fortemente ácido, com teor ao redor de 52% em P_2O_5 , geralmente é utilizado como matéria-prima para fabricação de fertilizantes ternários (NPK – potássio).

O DAP, com teor ao redor de 47% em P_2O_5 , é frequentemente misturado com sais de nitrogênio e potássio para produção de diversos produtos com variadas composições dos principais nutrientes (NPK). Outros nutrientes podem ser adicionados, visando atender às necessidades particulares das diferentes culturas e dos diversos estágios de desenvolvimento do vegetal.

8. Conclusões

Neste capítulo foram apresentadas as grandes diferenças entre os solos de climas tropicais e temperados e suas consequências na produtividade agrícola, podendo se destacar:

- Nos solos de climas tropicais existe uma grande carência de matéria orgânica. Somente solos recém desmatados fornecem quantidades de matéria orgânica suficientes à manutenção das suas propriedades físicas e nutricionais. Infelizmente, após poucas safras esgotam-se os nutrientes indispensáveis às plantas e ocorre a degradação da matéria orgânica, tornando estes solos muito pobres em nutrientes e amorfos;

- O aporte de fertilizantes de alta solubilidade garante a quantidade necessária de nutrientes nos solos, mas não é garantia de que as plantas serão nutridas com quantidades suficientes para o seu bom desenvolvimento;

- Na maioria dos solos brasileiros ocorre uma baixa assimilação pelas plantas do fósforo colocado no solo. As duas principais causas destas perdas são a solubilização do fósforo e arraste pelas chuvas torrenciais em solos impermeabilizados e a retrogradação rápida destes fertilizantes fosfatados de alta solubilidade. O arraste pelas águas pode provocar a poluição pelo fósforo de lagos, rios e aquíferos. O fenômeno da retrogradação ocorre pela reação dos fosfatos solúveis com o alumínio e/ou ferro presentes nos solos tropicais, ocorrendo a fixação do fósforo pela formação de fosfatos de alumínio e ferro de baixas solubilidades, que não são aproveitados pela maioria das plantas;

- A baixa assimilação do fósforo pelas plantas é compensada pela super dosagem de fertilizantes nas plantações, provocando maior risco de contaminação das águas e maior fixação de fósforo nos solos em formas praticamente insolúveis;

- Após anos de intensa adição de fertilizantes fosfatados, alguns países já enfrentam graves problemas relacionados à poluição por fósforo, principalmente relacionados à eutrofização nos cursos d'água e consequente aumento exagerado de plantas aquáticas. Nestes países, cogita-se a criação de sanções aos agricultores que causarem problemas ambientais decorrentes da utilização de fertilizantes;

- No caso brasileiro existe o agravante que nossos principais depósitos de rocha fosfática são de origem magmática, exigindo elevado custo de exploração e concentração da apatita, comparando aos depósitos sedimentares, que em sua maioria apresentam baixos custos de exploração (rocha mole) e elevados teores de P_2O_5 , muitas vezes sendo conduzidas diretamente às etapas químicas. Nossos depósitos de fosfatos de origem sedimentar são de pequena expressão ou apresentam dificuldades econômicas e tecnológicas para seu aproveitamento.

O modelo de fertilização implantado no Brasil é baseado em produtos de alta solubilidade, como aqueles adotados em países de clima temperado. Este modelo importado não atende às peculiaridades de nossos solos, gerando um desperdício desta preciosa ferramenta de aumento de produtividade agrícola e, pior ainda, problemas ambientais que se tornam cada vez mais graves e evidentes.

Referências bibliográficos

- AMOROS, B. Interaction entre des composés humiques et les phosphates monocalciques e dicalciques. Thèse Institut National Polytechnique de Toulouse, 1987. 148p.
- ANDRE, L. Contribution à l'étude des mécanismes d'échanges de cations dans les vermiculites trioctaédriques. Thèse de doctorat d'Etat, UPS, Toulouse, 1972.
- CEKINSKI, E. Etude de la reactivité superficielle des apatites d'Araxá et Catalão (Brésil): Application à l'amélioration du procédé de valorisation industrielle. Thèse de doctorat de l'Université de Poitiers, 1993.
- FRANCHI, J.G. Curso: Turfa para fins agrícolas. MIND-Minerais Industriais Consult. & Representações Ltda, Apostila do curso, São Paulo, 1997.
- FIGUEIRA, J.L.G. Eficiência agrônômica do termofosfato potássico fundido: estudo experimental em «casa de vegetação», campo e colunas de lixiviação. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1994.
- GUARDANI, R.; VALARELLI, J.V. Processo de produção de termofosfato potássico. Brasil-PI 8.108.511, 1981. 10p.
- GUARDANI, R.; VALARELLI, J.V. Processo de produção de termofosfato potássico e óxido de enxôfre. Brasil-PI 8.200.556, 1982. 10p.
- LEITE, P.C. Efeito de tratamentos térmicos em misturas de Verdete de Abaeté, fosfato de Araxá e calcário magnesiano na disponibilidade de potássio e fósforo. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura da Universidade Federal de Minas Gerais, 1985. 146p.

- PEREIRA, S.C.C. Caracterização tecnológica do Verdete do Cedro do Abaeté, MG, na produção de termofosfato potássico fundido. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.
- RAHAL, F.G. Produção de termofosfato potássico fundido com o fosfato de Irecê, BA. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1990. 84p.
- RAHAL, F.G; VALARELLI, J.V. Termofosfato potássico fundido obtido com matéria prima do NE. 36º Congr. Bras. Geol., Natal/RN, Boletim de resumos, 1990. p143-144.
- OBA, C.A.I. Aproveitamento de materiais fosfáticos marginais para a produção de fertilizantes organo-fosfatados. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade, 2000. 175p.
- STERNICHA, F. Matière organique accroissant la proportion de phosphore assimilable dans les engrais chimiques classiques et dans les phosphates naturels. Brevet n°87 13177, 1988.