

EFICIÊNCIA TÉCNICA DE USO DE FERTILIZANTES
NOS TRÓPICOS DO BRASIL¹

Waldo Espinoza
Antonio Jorge de Oliveira

Resumo: A incorporação dos Cerrados e da Amazônia à agricultura moderna requer uma grande quantidade de fertilizantes e corretivos. No entanto, devido a baixa eficiência de uso as perdas de nutrientes podem ser consideráveis (no Brasil em torno de US\$ 400 milhões/ano). Estas perdas podem ser diminuídas apreciavelmente pelo correto manejo de solo, planta, água e fertilizantes, melhorando ao mesmo tempo a produtividade sem diminuir o uso de fertilizantes.

A adoção da tecnologia disponível, a correta alocação de recursos e o aproveitamento das rochas fosfatadas e dos sienitos-nefelínicos (K), após pré-condicionamento industrial, poderão traduzir-se numa importante redução das importações de P, K e S ou matérias primas na indústria de fertilizantes.

Grandes esforços deverão ser feitos pela pesquisa no desenvolvimento de cultivares e de fertilizantes N e K adaptados as condições de solo e clima dos trópicos, como também de sistemas de produção que maximizem o uso eficiente dos fertilizantes.

TECHNICAL USE EFFICIENCY OF FERTILIZERS IN
THE TROPICS OF BRAZIL

Abstract: The incorporation of the Cerrados and the Amazons region to modern agriculture will require a large amount of fertilizers and liming materials. However, fertilizers losses may be considerable (in Brazil aprox. US\$ 400 million/year). This losses can be diminished by using adequate technical and economical allocation of resources, improving productivity without diminishing fertilizers use.

Adoption of available technology and use of natural P, K and S resources, may contribute to considerable reduction in the importation of this nutrients as well as raw material for the industry. Large efforts needs to be made by research in order to develop cultivars and fertilizers, mainly N and K, adapted to soil and weather conditions of the tropics as well as production systems which maximize efficient use of fertilizers.

- 1 - Trabalho apresentado no VI Simpósio sobre o Cerrado Savanas: Alimento e Energia - Brasília, 4 a 8 de outubro de 1982.
- 2 - Eng. Agr., PhD. Pesquisador Convênio IICA/EMBRAPA (Deptº de Diretrizes e Métodos de Planejamento, DDM).
3. Eng. Agr. PhD. Pesquisador EMBRAPA (DDM).

INTRODUÇÃO

O deterioro potencial das relações de preços entre fertilizantes e preços recebidos pelos produtores, as crescentes necessidades de fertilizantes derivados dos diversos programas do Governo (Proalcool, Profir, Provarzeas), a grande dependência das importações, a baixa produtividade da agricultura brasileira e os possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente tem estimulado o interesse para estudar e melhorar a eficiência de uso dos fertilizantes.

No Brasil o aumento do consumo dos fertilizantes tem sido espetacular nos últimos 20 anos, sendo que na década 1970-1980, o consumo cresceu a uma taxa de 14-15% ao ano. Tudo isto como resultado de políticas de Governo que, principalmente através dos subsídios, tem estimulado o uso de insumos na agricultura como meio de obter sua modernização acelerada em consideração a diversos objetivos tais como:

- a) Abastecimento do mercado interno;
- b) Fomento das exportações;
- c) Desenvolvimento de fontes alternativas de energia; e
- d) Fixação do homem no campo.

Assim o melhoramento da eficiência dos fertilizantes tem objetivos agronômicos, econômicos e ambientais.

Escassa informação existe em relação às perdas de nutrientes por lixiviação nos solos tropicais. Ainda que tais perdas, em geral, são consideráveis elas variam com o volume anual de água perdida pela drenagem profunda, com as propriedades do solo e com o tipo de cultivo. Nos solos tropicais da África Ocidental, as perdas tem sido proporcionais à quantidade anual de chuvas. Na Colombia, em solos Andepts sob elevada precipitação, foram detectadas grandes perdas de nitratos, cálcio, magnésio, equivalentes a aproximadamente 225, 827 e 242 kg/ha, respectivamente.

Segundo Mondardo e Dedecek (1979) no Brasil, a ocupação irracional de áreas novas, a má distribuição das chuvas, o mal manejo do solo através da mecanização intensa e inadequada, bem como a falta de técnicas conservacionistas, fizeram com que centenas de milhões de toneladas de solo fértil se perdessem anualmente, notadamente na região Sul do País onde se concentra uma densa utilização agrícola, requerendo permanente movimentação do solo.

No Brasil (Campinas-SP), Bertoni et al., citados por F. Felipe - Moraes et al. (1979) tem estabelecido que num latossol vermelho sob uma chuva de 1.300 mm e declividade de 9-12%, as perdas do solo variaram dependendo da cul

tura, desde 0,9, 3,4, 7 e 27 t/ha/ano para café, mandioca, batata-doce e algodão, respectivamente.

Segundo a EMBRAPA (1981) o crescente volume importado de insumos vem afetando negativamente a balança comercial brasileira. Considerando-se as importações de matérias primas, os gastos de energia para a sua transformação, a importação de insumos acabados e o pagamento de "royalties" para sua fabricação doméstica, o País despende, atualmente, vários bilhões de dólares por ano.

O desenvolvimento de uma tecnologia que vise a racionalizar o uso desses insumos, através de práticas agrícolas mais eficientes na conversão dos mesmos, e a substituição de materiais importados por materiais de origem nacional, terá reflexos profundos nos custos de produção agrícola, nos dispêndios com importações, no consumo de energia e na preservação do meio ambiente.

O conceito de eficiência de uso dos fertilizantes tem sido interpretado de diversas maneiras, mais em geral se tem tido em vista considerações de ordem técnica ou agrônômica característicos dos países de agricultura desenvolvida de clima temperado onde o objetivo tem sido a obtenção de produções máximas.

Hoje particularmente no caso dos solos tropicais onde se estão realizando as transformações mais dinâmicas da agricultura dos países em desenvolvimento o conceito de eficiência de uso tem interpretações técnicas e econômicas, que não tem sido discutidas ou divulgadas no seio da comunidade científica.

O objetivo do presente trabalho é estabelecer os principais critérios que determinam a correta interpretação ou aplicação do conceito de uso eficiente dos fertilizantes nas regiões tropicais.

CONCEITUAÇÃO AGRÔNOMICA DE USO EFICIENTE DOS FERTILIZANTES

Barber (1976) tem indicado que o conceito de eficiência de uso, aplicado a situações de elevadas produções e "o incremento em produção de uma cultura por unidade de nutriente aplicado como fertilizante".

Quando as práticas de manejo aumentam a resposta em rendimento de uma cultura a partir da adição de similares quantidades de fertilizantes, se diz que a eficiência deste fertilizante é acrescida. Quando são adicionados sucessivos e iguais incrementos de fertilizantes a resposta da cultura em rendimento é cada vez menor. Daí que o primeiro incremento na aplicação de sua dose de fertilizante, normalmente gerará a maior eficiência.

Baseado na função de resposta $Y = a + bx + cx^2$, a eficiência de uso dos fertilizantes tem sido definida como o incremento em rendimento por unidade de insumo, sendo igual a $\frac{dy}{dx} = b - 2cx$.

Segundo este critério, as maiores eficiências de uso dos fertilizantes seriam obtidas com níveis baixos de insumos, o que não é correto porque além do produtor desejar maximizar seus lucros por superfície e não por cruzado investido, existe o perigo dos rendimentos ficarem por baixo da linha dos custos fixos.

Segundo Barber (1976) e (1978) a eficiência de uso dos fertilizantes pode também ser considerada desde dois pontos de vista:

- a) A eficiência com que uma cultura recupera os nutrientes que são aplicados no solo para seu uso. Os nutrientes podem ser utilizados pelas culturas em forma imediata ou por uma sucessão de culturas. Aqui cabe perguntar: recupera a cultura 5, 20 ou 80% do nutriente aplicado? E o restante? é perdido desde o solo ou retido numa forma relativamente não aproveitável de tal forma que fica lentamente aproveitável para as culturas futuras?
- b) A eficiência com a qual a planta usa o nutriente após ter sido absorvido pelo seu sistema radicular. Podem ser obtidos maiores rendimentos da porção colhida da cultura com um aumento na absorção de nutrientes ou diversos cultivares podem apresentar diferenças em rendimento com o mesmo nível nutricional?

Em todo caso, ao discutir a eficiência de uso dos fertilizantes deve-se ressaltar que ela pode ser aumentada de duas maneiras:

- a) Adotar um conjunto de práticas melhoradas de cultura, solo e fertilizante mantendo as doses previamente utilizadas, sob uma tecnologia imperfeita, para aumentar a produtividade por superfície cultivada.
- b) Diminuir a quantidade de insumos aplicados, mas, aumentando o nível tecnológico de tal forma a manter os rendimentos obtidos previamente com a maior quantidade de insumos e baixo nível de tecnologia.

Neste sentido Ghodake (1981) tem feito uma avaliação das diferenças em rendimentos e lucros obtidos em experimentos e aqueles obtidos pelos produtores. Segundo ele os seguintes fatores podem influenciar tais diferenças :

(a) componentes de tecnologia não transferíveis; (b) variações ambientais; (c) limitações físicas e biológicas e (d) limitações sócio-econômicas.

Sob condições de agricultura tropical-semi-árida ele tem achado que o diferencial de rendimentos mencionado, pode ser dividido em dois componen

tes: (a) Diferencial I, entre rendimento obtido na estação experimental e o rendimento potencial a nível da fazenda; (b) Diferencial II, entre os rendimentos potenciais e reais a serem obtidos a nível de fazenda.

Ele achou que os diferenciais médios de rendimentos I e II, quando medidos em termos de rendimentos físicos e lucros líquidos corresponderam a 42-45%, respectivamente.

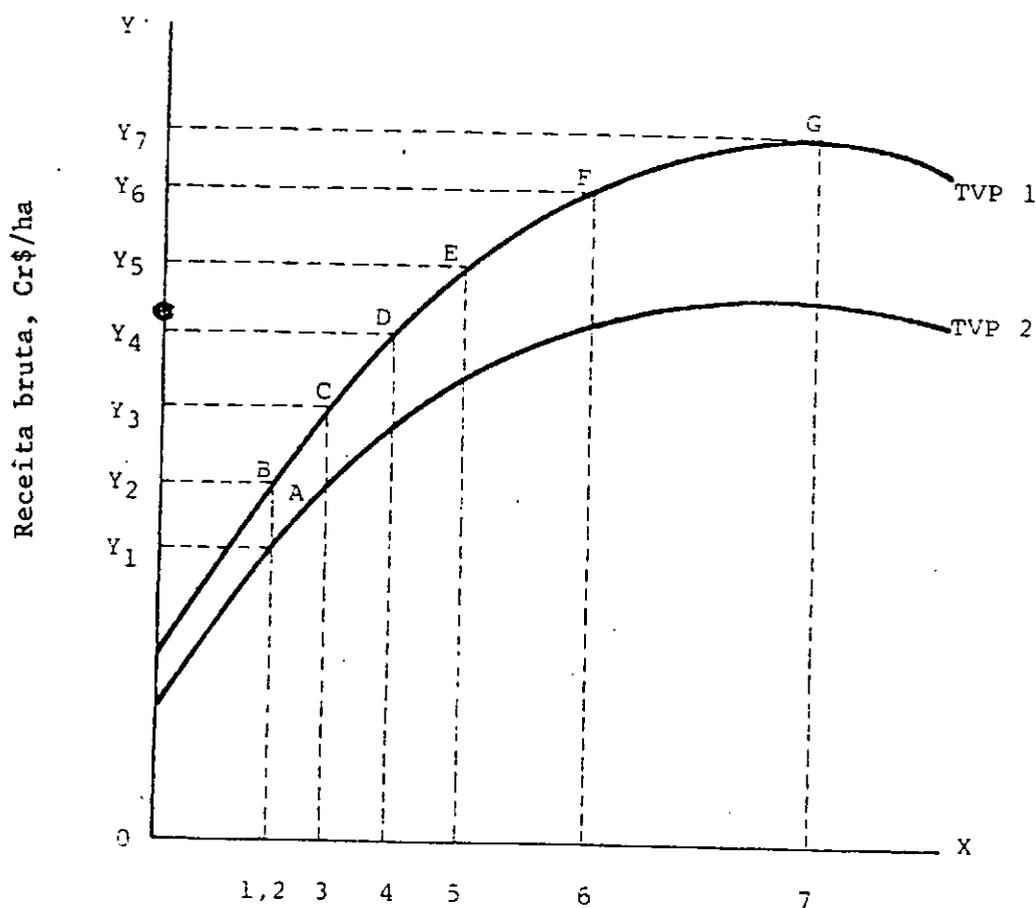
As diferenças em rendimentos sugerem que elas podem ser devidas a ineficiência na alocação dos recursos do produtor, níveis de insumos humanos e animais, incidência de pestes e doenças, manejo, atitudes do produtor ao risco, etc.

Ghodake (1981) indicou que a eficiência de alocação (preços) e a eficiência técnica são dois componentes da eficiência econômica. A ineficiência técnica pode resultar de fatores que se encontram dentro da capacidade de manejo do produtor. Pode também ser o resultado de fatores físicos e sociais sobre os quais ele não tem controle. A ineficiência de alocação dos preços resulta da adoção de combinações sub-ótimas de insumos. A eficiência total é influenciada primeiro por considerações ambientais e por fatores que operam a nível do grupo ou indivíduo. O ambiente consiste de fatores que são externos ao produtor e que influenciam sua decisão mas que não estão sob seu controle (tais como infraestrutura disponível, natureza dos fatores de mercado, estrutura institucional, etc).

O diferencial de rendimento II (a nível de fazenda), expressado em termos de receita bruta/ha e de diferentes modelos de nível tecnológico e insumos, aparece na Fig. 1.

Idealmente o eixo X deveria indicar o valor do insumo, o qual está implícito quando se apresenta um modelo de uma variável, como no caso de quantidades crescentes de N ou P.

Na curva TVP 1 (valor total do produto) mostra-se a resposta em receita bruta (Cr\$/ha) quando os recursos são utilizados, com eficiência técnica máxima. Daí que todos os pontos que ficam abaixo da curva TVP 1 são tecnicamente menos eficientes. A curva TVP 2, representa a média da resposta tecnicamente menos eficiente. Y_1 representa o nível de rendimento no modelo 1 obtido a partir da adoção das práticas menos eficientes de produção nos níveis existentes de uso de recursos e características do cultivo. O modelo 7, gera o nível de rendimento máximo (Y_7) a partir do uso técnico eficiente dos médios de produção quando não existe restrição de recursos e quando é feito com o único objetivo de maximizar a receita bruta. A diferença entre Y_7 e Y_1 , é definida co



Modelo Testado

Figura 1. Conceitos de decomposição do diferencial de rendimento a nível de fazenda.

mo o potencial de diferencial II de rendimento a nível de fazenda.

O produtor que se encontra no ponto A adota um processo de produção técnica-mente ineficiente com nível Y_1 de rendimento. Ele se torna eficiente no ponto B aplicando em forma eficiente os coeficientes correspondentes as relações insumo/produto nos cultivos existentes. O ponto B não requer de uma alocação eficiente num nível dado de recursos. Daí que o produtor pode se mudar para acima ao longo da curva TVP 1 até o ponto C e produzir o nível Y_3 , quando melhora a alocação de recursos. Quando não existe limitação de capital, os rendimentos podem chegar a ser Y_4 no ponto D. A eliminação de limitações de mão-de-obra em adição ao capital resulta em Y_5 em E. A neutralidade ao risco, sem limitação de recursos leva os rendimentos até Y_6 no ponto F. O ponto G pode simular ou corresponder a situação de uma estação experimental de pesquisa onde os lucros maximizados e a aversão ao risco são raramente considerados e por

tanto é possível maximizar a produção. Isto origina o nível Y_7 de rendimento por ha.

Note-se que na medida em que um maior número de modelos são considerados as diferenças entre as curvas TVP 1 e TVP 2 aumentam, denotando uma interação entre a eficiência técnica e econômica (alocação de insumos).

EFICIÊNCIA ATUAL DE APROVEITAMENTO DOS NUTRIENTES

O aproveitamento dos nutrientes pelas culturas depende de uma série de fatores que dizem relação com a sua natureza, os tipos de solos e as práticas de manejo empregadas. Em geral, existe concordância na literatura em relação aos mecanismos e as magnitudes das perdas dos principais nutrientes. Segundo Nethsinghe (1978) os fertilizantes podem diminuir sua eficiência por alguns dos seguintes mecanismos:

- a) Lixiviação - e.g. nitratos ou cloretos. Este fenômeno afeta principalmente aos fertilizantes solúveis em regiões de elevada pluviometria, em solos de elevada percolação, como Oxissolos(Cerrado) e Ultissolos.
- b) Escorrência Superficial, que afeta principalmente aqueles fertilizantes aplicados em cobertura. A este fenômeno se encontram ligadas as perdas por erosão que no caso dos solos de Cerrados podem ser consideráveis.
- c) Perdas Gasosas - no caso dos fertilizantes amoniacais principalmente, devido a perdas por denitrificação sob condições de solos alcalinos ou sob condições de alagamento. No caso dos solos tropicais, sendo os solos ácidos o primeiro mecanismo é de escassa significância, exceto nos casos de elevadas aplicações de calcário junto aos fertilizantes. O fenômeno, provavelmente é de maior importância nos casos das várzeas.
- d) Imobilização no solo, devido a processos químicos e microbiológicos. Isto acontece principalmente com os fertilizantes fosfatados solúveis em solos ácidos e/ou com elevadas quantidades de Al e Fe como acontece nos solos tropicais.

Nitrogênio

A maior parte da informação relacionada com o nitrogênio tem origem do da pesquisa conduzida em ambientes temperados. Contudo, os aspectos fundamentais, deste conhecimento tem aplicação em todas as regiões do mundo, principalmente as tropicais. Em geral, se tem observado que as maiores temperaturas dos trópicos tem influência nas maiores taxas de decomposição dos resíduos

orgânicos, mas não tem influência nos aspectos qualitativos dos processos. (Bartholomew, 1972).

O aproveitamento do nitrogênio tem sido baixo. Diversos levantamentos indicam que a absorção pelas culturas é de aproximadamente 50% do N disponível, sendo que a eficiência cai mais ainda em doses elevadas de N.

Por outro lado, o N originado a partir dos processos naturais tem mostrado não ser mais eficiente que aquele adicionado na forma de fertilizante.

Segundo Bartholomew (1972), para aumentar a eficiência de uso do nitrogênio é preciso descobrir os mecanismos de mineralização para antecipar as necessidades do solo e cultura em termos de fertilizantes. Para atingir este objetivo diversas pesquisas são requeridas:

- a) Determinar o requerimento de nutriente das culturas;
- b) avaliar a quantidade de N proveniente das fontes naturais existentes no solo;
- c) avaliar a eficiência de uso do N disponível para a planta;
- d) determinar as necessidades futuras de fertilizantes da cultura a partir de uma avaliação integrada das necessidades da planta, funções de aproveitamento e perda e os processos de fornecimento de N desde o solo a planta.

O uso de N pelas culturas pode e deve ser mais eficiente que o valor de 50% frequentemente mencionado. A recuperação de N pelo milho e trigo pode ser geralmente de 70 a 80% quando o N é aplicado em quantidades parceladas que são as estritamente requeridas pela cultura e colocado no solo de tal forma a facilitar seu aproveitamento pelas culturas. Bartholomew (1972) tem estabelecido um sistema de recomendações de doses de fertilizantes nitrogenados baseados na obtenção de eficiências de uso até 85%. Cooke (1972), tem encontrado eficiências de uso de N de 66% em pastagens.

Segundo Brady (1977) na maior parte dos países em desenvolvimento, geralmente não é econômico modificar o ambiente do solo para satisfazer os requerimentos das cultivares existentes. Assim, as plantas devem ser melhoradas para se adaptar ao meio ambiente.

Segundo Grove et al. (1980), os Oxissolos e Ultissolos requerem de N para manter elevados rendimentos. Nestes solos é necessário manejar N eficientemente devido aos substanciais investimentos em outros adubos, os elevados custos do fertilizante nitrogenado e as elevadas perdas potenciais de fertilizantes. Eles acharam, em solos de Cerrados, que a função de resposta da cultura de milho foi a seguinte: $Y = 3554 + 24.4N - 0.06 N^2$ ($n = 59^{**}$) onde

Y = rendimento de milho em kg/ha e N = kg N/ha. A eficiência do fertilizante aplicado foi a seguinte:

- Na dose 60 kg/ha a recuperação líquida foi de 60% e diminuiu linearmente até 40% no nível de aplicação de 140 kg/ha. A recuperação, em níveis de aplicação mais elevados decresceu mais lentamente até 35% no nível 220 kg/ha. Estes valores são similares aos reportados em Porto Rico, Nova Iorque e Nebraska (USA). Eles concluíram que parece não haver diferenças fundamentais na resposta do milho ao fertilizante nitrogenado entre os solos tropicais e aqueles das regiões temperadas. A aplicação do N na forma de cobertura após plantio e antes do período de máxima absorção pela cultura representou o rendimento e recuperação máximas do N. Tucker (1982) tem afirmado que o N tem que ser fornecido as culturas em forma continuada para manter uma relação C/N constante na planta através de todo o ciclo de desenvolvimento.

ósforo

Os solos tropicais, Ultissolos e Oxissolos, são geralmente muito deficientes em fósforo. A fração argila nestes solos está composta de óxidos de ferro, gíbsita, kaolinita e óxidos amorfos de Fe e Al. Tem-se mostrado que estes solos reagem rapidamente com o P e que o conteúdo de Al_2O_3 total, junto com o conteúdo de argila estão fortemente relacionados a fixação de P. Por esta razão o fósforo pode ser perdido junto com as partículas, as quais se encontram fixado, pelo fenômeno da erosão, principalmente.

Nas regiões temperadas a absorção de P pela primeira cultura é normalmente menor que 10% do P contido no fertilizante aplicado e tende a ser ainda menor em anos subsequentes. Esta situação parece não ser similar a experiência obtida nos Oxissolos do Brasil.

Segundo Miranda et al. (1979) o P absorvido na fase sólida é que repõe o P da solução do solo. Apenas uma pequena parte do P aplicado ao solo é absorvido na fase sólida, é utilizado pelas plantas no cultivo imediato à aplicação, mas considerável quantidade permanece disponível para os cultivos seguintes. Do ponto de vista de economia da adubação fosfatada é muito importante quantificar o efeito de P aplicado para um cultivo e que permanece disponível nos cultivos subsequentes.

Segundo Lobato (1982) um experimento com dez colheitas de milho já efetuadas no CPAC-EMBRAPA (DF), tem mostrado a longo prazo que as produções de grãos de milho acumuladas em dez colheitas são função total do fósforo aplicado, no caso com super-simples, independentemente de como este total foi apli

cado. (Tabela 1)

Tabela 1. Produções de Milho (Cargill-111) em função de doses e métodos de aplicação de fósforo em um Latossolo Vermelho-Escuro. (Lobato, 1982)

TRATAMENTO Nº	P APLICADO		TOTAL APLICADO	PRODUÇÃO DE GRÃOS			
	A Lanço	No solo		10 ^a Colheita		Total de 10 Colheitas	
	Kg P ₂ O ₅ /ha		t/ha	%	t/ha	%	
01	160		0	0,35	6	17,06	28
02	320		0	0,55	10	27,85	45
03	640		0	1,47	27	42,67	69
04	1.280		0	3,98	74	60,83	99
05	1.960		0	5,38	100	61,64	100
06	0		80(x4)	0,88	16	30,09	49
07	0		160(x4)	1,90	35	44,05	71
08	0		320(x4)	4,09	76	61,51	100
09	320		80	1,35	25	43,89	71
10	80		80	4,81	89	49,77	81

Segundo Lobato (1982) somente após dez colheitas de milho é que praticamente cessou o efeito da aplicação inicial do nível mais baixo de fósforo aplicado a lanço no início do experimento (160 kg/ha de P₂O₅). Deste total, cerca de 120 kg de P₂O₅ foram recuperados, ou seja, extraídos pelas plantas nos dez cultivos subsequentes. Tal fato indica que, a tão propalada "alta capacidade de absorção de fósforo" destes solos, pode não ser um problema tão sério como muitos deixam transparecer. Grande parte do fósforo é dissolvido com o tempo.

Segundo Miranda et al. (1979) a importância da quantificação do efeito residual de P sobre o rendimento, reside na possibilidade de inclusão destes efeitos na análise econômica da adubação e na estimativa das adubações de manutenção adequadas a serem aplicadas após uma adubação corretiva. Por outro lado é um alerta para não calcular a eficiência de uso dos fertilizantes numa única colheita mais num número pelo menos superior a cinco.

Potássio

Segundo Barber (1976) (1978) a eficiência do K é normalmente intermediária entre as do N e P, i.e.; de aproximadamente 20 a 40%, particular

mente no caso do milho e soja.

Dados mais precisos não existem devido a falta de um isótopo radiativo para marcar o fertilizante K, de maneira similar ao caso do P^{32} .

Segundo Cornell University (1979) os solos ácidos dos tropicos se caracterizam pelas suas baixas quantidades de minerais fixadores ou liberadores de K. Eles acharam que num latossolo do Brasil a lixiviação do K começou a ser observada a partir da adição de 300 kg/ha de KCl. O potássio contido na soja variou com o nível de K no solo desde 1.4 a 1.9%, sendo que a quantidade de exportada desde o solo é facilmente calculada, quantidade que deve ser retornada ao solo para manter a produção. Eles concluíram que a adição de maiores quantidades que a cultura precisa resultará em perdas por lixiviação ou em reduções em rendimento quando outros nutrientes não se encontram nos níveis ótimos.

Eles indicaram que a aplicação de 100 kg/ha K_2O a longo é incorporada numa profundidade de 20 cm, pode ser retida pelos coloides dos Oxisolos, mais a situação seria diferente no caso da aplicação localizada do fertilizante devido a que se ultrapassaria a capacidade de retenção dos coloides.

Por outro lado, num Ultissol da Amazônia Peruana, foram detectadas perdas de 113 até 300 kg/ha K num período de três culturas, num estudo de balanço do K (Cornell University, 1979).

Espinoza e Reis (1982), num Typic Haplustox de Cerrados, acharam que as perdas de lixiviação do K, na profundidade 105 cm, variaram entre 48,21 e 36,75% do K adicionado como KCl, o que sugere a gravidade que pode atingir o fenômeno.

Impacto econômico das perdas de fertilizantes - Em 1979 o consumo de nitrogênio no Brasil atingiu 898.491 tons ou o equivalente a 1,30 milhões tons de ureia. Se se considera uma eficiência de uso de 40% e um preço de ureia FOB(USA) de US\$ 240/ton, isto indicaria perdas de US\$ 187,6 milhões/ano.

Assumindo que as perdas de P no solo são mínimas e a recuperação pela cultura é elevada num período de pelo menos 5 anos, é possível afirmar que outras perdas importantes de fertilizantes no solo são devidas ao baixo aproveitamento do K, em torno de 20%. Sendo que durante 1980 foram utilizadas 1,20 milhões de toneladas de K_2O ou 1,92 milhões de tons. de KCl, e considerando que o preço FOB (USA) é de US\$ 115,0/ton, significaria perdas para os produtores de US\$ 176,6 milhões/ano. Tudo isto sem considerar o impacto negativo sobre o meio ambiente.

Sistemas de Cultivo para o uso eficiente dos fertilizantes

Um fator comum a todos os fatores de produção deve primeiramente ser reconhecido: o melhor desenvolvimento das culturas é sempre acompanhado por uma maior eficiência de utilização dos nutrientes. Assim aqueles sistemas que melhor reduzem a incidência de pestes e doenças e que tem sequências de cultivos ajustadas para o melhor aproveitamento das condições de clima e solo, tem sempre uma melhor produção que sistemas menos bem adaptados a tais condições. Similarmente, com adequado fornecimento nutricional, as leguminosas fixam N a taxas mais elevadas que quando outros nutrientes não terem sido fornecidos adequadamente. Assim segundo Greenland (1978), o efeito mais importante de um sistema de cultivo sobre a eficiência do fertilizante se manifesta através do seu efeito sobre a saúde e vigor dos diversos cultivos.

Os sistemas de cultivo também influenciam a eficiência de uso dos fertilizantes através dos seus efeitos sobre os processos de perdas de fertilizantes. Dentre destes processos se incluem lixiviação, erosão, volatilização e conversão irreversível a formas não disponíveis para a planta.

Eficiência de uso nos trópicos úmidos e savanas

Nos trópicos os problemas associados com o desenvolvimento de sistemas eficientes de cultivo são maiores que no caso dos ecossistemas das regiões temperadas ou semi-áridas. Isto é devido a pronunciada estacionalidade do clima, a intensidade das chuvas e as características dos solos.

O plantio no início da estação chuvosa está normalmente relacionada com os rendimentos e assim o momento da aplicação dos fertilizantes se transforma num processo mais importante que no caso dos climas temperados. Além disto o fato que o solo se encontra nudo faz com que a erosividade das chuvas aumente. Também podem ser mencionados outros fatores que favorecem a lixiviação de nutrientes tais como o desenvolvimento radicular superficial. As elevadas temperaturas durante o ano todo e as elevadas umidades relativas, principalmente nos trópicos úmidos, são muito favoráveis para a atividade biológica e o desenvolvimento de patógenos, como também promover a aparição de invasoras ou de processos como o de denitrificação.

Cerrados (Savanas Brasileiras)

A ausência de uma vegetação cerrada e as favoráveis condições físicas dos solos e de clima, origina uma grande variedade de alternativas para incorporar estes solos ao processo de produção agrícola. No Brasil, desde 1970, tem aumentado a pressão para ocupar e utilizar estas terras, sendo que

entre 1975 e 1980 a expansão da área cultivada foi de aproximadamente 50%.

Do ponto de vista da eficiência do uso dos fertilizantes os seguintes fatores podem ser apontados como os mais importantes:

- a) Erosividade dos solos;
- b) alta intensidade das chuvas no início e fim do período das águas;
- c) características físicas do solo que possibilitam elevada infiltração e condutividade hidráulica;
- d) solos ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica e altos teores de Al e Fe;
- e) deficit hídricos.

Acredita-se que a intensificação das atividades agrícolas nestes solos, sem a correspondente adoção das diversas práticas de manejo de solo/planta/água e a adoção de fertilizantes de solubilidade controlada, poderão aumentar os problemas de baixa eficiência de uso dos fertilizantes.

Trópicos Úmidos

Segundo Greenland (1978) três sistemas de cultivo tem aprovado sua viabilidade nos trópicos úmidos: produção de arroz irrigado, produção florestal e o sistema tradicional de agricultura migratória; devido a que tem permitido a manutenção do equilíbrio com o meio ambiente e não tem produzido erosão.

No sistema de produção de arroz, as perdas detectadas de N oscilam em torno de 40%. No entanto como indicado por Brady (1977) a prática de incorporação do adubo nitrogenado tem melhorado a eficiência do uso do N, como se observa a continuação:

Tabela 2 . Efeito de doses de N e forma de aplicação do N sobre a eficiência de uso do nitrogênio em arroz irrigado.

Fertilizante (kg/ha N)	Rendimento (ton/ha) com N aplicado		Eficiência de N (Kg arroz/Kg N)	
	Profundo	Lanço	Profundo	Lanço
60	8,0	5,8	53	23
100	8,4	5,6	38	21

Neste ecossistema as respostas a P são menos comuns que no caso de outros nutrientes, provavelmente devido a sua disponibilidade mais elevada sob

condições de redução.

O sistema de agricultura migratória, depende da acumulação de nutrientes durante o período de descanso da vegetação natural e sua posterior liberação pela queima. A recuperação dos nutrientes, assim liberados, pelas culturas é geralmente muito baixa. Além disso se as raízes remanescentes da vegetação natural não se decompõem as perdas de nutrientes do sistema solo-vegetação são pequenas e o equilíbrio entre a vegetação natural e o solo é mantido. Normalmente, são requeridos vários anos para a regeneração da vegetação natural de tal forma que a intensidade do uso da terra sob tais condições é baixa, ainda que a eficiência seja elevada em termos de produção por unidade de nutriente e insumos energéticos.

Contudo sérios problemas aparecem quando se aumenta a pressão de uso da terra, de tal forma que o período existente para a regeneração da vegetação é encurtado e o período de cultivo alongado.

Neste caso a produtividade cai espetacularmente devido ao esgotamento das reservas de nutrientes do solo e ao problema da erosão. Este problema é o que tem gerado tanta preocupação dos diferentes grupos ecológicos que lutam por preservar a Amazônia da ocupação irracional agrícola.

Segundo Sanchez et al. (1982) os trópicos úmidos apresentam uma variação menor de 5° C na temperatura média mensal dos três meses mais quentes e os quatro meses mais frios, sendo que a evapotranspiração potencial pode exceder a precipitação durante quatro meses. Esta região ocupa aproximadamente 1,5 bilhões de hectares considerados aráveis ou de pastagens. Por outro lado as savanas ácidas da América Latina, ocupam aproximadamente 300 milhões de hectares, possuem similar regime térmico que os trópicos úmidos, possuem vegetação de pequeno porte e uma estação seca de 4 a 6 meses.

Os principais fatores que limitam o desenvolvimento agrícola são a baixa fertilidade do solo, limitados transportes e infraestrutura de mercado e a falta de uma apropriada tecnologia dos solos.

Segundo Sanchez et al. (1982), os experimentos conduzidos na Amazônia Peruana durante oito anos indicam que nos Ultissolos podem ser obtidas até 3 colheitas num mesmo ano: arroz de sequeiro, milho e soja ou arroz de sequeiro, amendoim e soja. As monoculturas, não tem produzido rendimento sustentáveis devido ao problema de doenças. Eles, indicam que após a abertura da vegetação, os rendimentos diminuíram a zero após a terceira cultura consecutiva, nos casos em que não foram aplicados fertilizantes. Nos tratamentos de adubação completa, a média da produção da rotação arroz, mi

lho e soja foi de 7,8 tons de grãos/ano. Contudo os rendimentos começaram a declinar rapidamente a partir do segundo ou terceiro ano, o que foi mostrado pelas análises de solos como sendo devido ao curto efeito residual do calcário e a indução da deficiência de magnésio devido a aplicações de potássio.

A Tabela 3, mostra as aplicações de calcário e fertilizantes durante 8 anos em Yurimaguas. Estas recomendações não se diferenciam daquelas recomendadas nos Ultissolos do sudeste dos EUA.

Tabela 3 - Requerimentos de Fertilizantes para cultivo contínuo de rotações anuais de arroz, milho e soja e/ou arroz, amendoim e soja num Ultissol ácido de Yurimaguas, Perú.

<u>Insumo</u>	<u>Quantidade/ha</u>	<u>Frequência Aplicação</u>
Calcário	3 tons	Uma vez cada 3 anos
N	80-100 kg N	para milho e arroz somente
P	25 kg P	cada cultura
K	80-100 kg K	cada cultura, aplicação dividida em 2
Mg	25 kg Mg	cada cultura
Cu	1 kg Cu	uma vez/ano ou cada 02 an
Zn	1 kg Zn	uma vez/ano ou cada 02 an
B	1 kg B	uma vez/ano
Mo	20 g Mo	Misturado com a semente leguminosas somente

Após os 08 anos de cultivo intensivo, eles observaram uma melhora nas propriedades físicas e químicas dos solos, principalmente quanto ao pH, Al, CTC, P, Zn e Cu, tanto na superfície do solo como em profundidade.

Para aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes eles tem recomendado intensificar pesquisas em cultivo mínimo, utilização de rochas fosfatadas e melhor manejo do K. A pesquisa mostrou também que o uso de insumos como "mulche", adubo verde e composto tem gerado resultados pouco confiáveis ou em outros casos tem significado uma grande elevação dos custos (transporte) ou elevados requisitos de mão-de-obra como no caso do composto.

A tecnologia fica restrita a situações em que a erosão não é problema ou onde existam condições sócio-econômicas que possibilitam sua aplicação.

Meios para melhorar a eficiência de uso dos fertilizantes

Em geral se distinguem três áreas de ação que permitem melhorar a eficiência de uso dos fertilizantes:

a) Melhoramento Vegetal: Grandes esforços tem sido feitos nos Centros Internacionais e Nacionais de Pesquisa para obter cultivares que respondam a elevadas doses de fertilizantes, mas em geral o grande sucesso inicial da Revolução Verde de Borlaug, tem diminuído devido a que somente alguns agricultores tem podido adotar elevadas tecnologias e inclusive existem grandes dificuldades para dispor dos insumos requeridos. Por outro lado, segundo Sanders e Lynam (1982), as prioridades de pesquisa nas alternativas de uma estratégia de melhoramento genético para os países menos desenvolvidos tem sido determinadas sem considerar as limitações ambientais o que geralmente tem originado baixas produções e instabilidade da produção.

Segundo Barber (1976) (1978), nos ambientes tropicais deveria prestar-se a atenção ao sistema radicular das culturas para obter sistema radicular mais denso, pelos radiculares mais numerosos e longos para permitir maiores absorções de nutrientes a partir de soluções de solo mais concentrados.

Sanchez e Salinas (1981) tem indicado que o período de 1965-1975 foi caracterizado pela geração de cultivares de elevado rendimento obtidos em solos que tinham sido modificados para satisfazer as demandas nutricionais das culturas. A aplicabilidade desta tecnologia diminue em áreas marginais onde as limitações de solo e água não podem ser resolvidas a um baixo custo. Por isto, muitos esforços de pesquisa nos trópicos são agora dirigidas para o desenvolvimento de uma tecnologia de manejo de solos com baixos insumos que não pretende eliminar o uso de fertilizantes mantendo contudo rendimentos razoáveis mas não necessariamente máximos. Segundo Sanchez e Salinas (1981) a tecnologia de manejo de solos com baixos insumos está baseada nos seguintes princípios:

- a) Adaptação das culturas as limitações de solos;
- b) maximização do produto por unidade de insumo químico adicionado; e
- c) vantagens dos atributos favoráveis dos solos ácidos, inférteis (solubilidade de rochas de P, controle de invasoras).

b) Manejo de Solos e Plantas: Diversas práticas podem ser adotadas, tais como:

- Modificação da acidez do solo: aumentar o pH do solo para diminuir a fixação do P do fertilizante;

- Incorporação profunda do calcário: principalmente para satisfazer o objetivo de promover o desenvolvimento radicular em profundidade, e assim a proveitar melhor a água disponível e os nutrientes do solo;
- Promover a lixiviação de Ca e S: pelo uso de sais solúveis como CaSO_4 , pode ser obtida uma melhora das condições químicas do subsolo para promover o desenvolvimento radicular;
- Irrigação suplementar: para manter elevadas produções e estabilidade da produção, com elevada eficiência de produção, como se observa na Tabela 4. (Youts, 1972).

Tabela 4 - Resposta do Milho (kg/ha) a K em relação a chuva (USA)

	Sem K	Com K	Incremento em Produção (kg/ha)
<u>Chuva (mm)</u>	-	-	-
202 (seca)	5.650	8.100	2.450
448 (ótimo)	9.300	9.802	502
655 (excesso)	5.710	8.730	3.020

- População de plantas: as populações de plantas tem mudado dramaticamente nos últimos anos. Isto tem modificado o pensamento em relação as doses ótimas de fertilizantes. Os dados a continuação na Tabela 5 ilustram a interação entre população e resposta aos fertilizantes.

Tabela 5 - Resposta do milho a fósforo e potássio e população de plantas

Plantas/ha	Resposta a 112 kg P	Resposta a 224 kg k
	-kg/ha-	
37.800	125	1.317
60.500	1.380	2.445

Balanço Nutricional: este é um velho conceito que tem recebido novos estímulos em anos recentes. A base fisiológica no balanço nutricional está sendo muito melhor estabelecida. Funções de elementos e interações estão sendo estudados em novos níveis, utilizando técnicas modernas, aumentando a compreensão das funções dos elementos tanto do ponto de vista básico como prático. Um certo tipo de interações tem sido intensamente pesquisadas tais como N-K, N-S, Ca-Mg-K, Zn-P, K-Mg e NH_4 -K. Quisá a interação N-K é a melhor entendida. Os resultados mostram em geral que no caso dos rendimentos de grãos os níveis mais elevados de N foram inefetivos a menos que os níveis de K foram incrementados.

- Controle de erosão: através de adoção de práticas que utilizem menos ma quinário agrícola (hrs/ha), adoção do cultivo mínimo, manutenção permanen te de coberturas vivas ou mortas sobre o solo.

c) Manejo dos Fertilizantes: sob um conjunto dado de condições climáticas e de solo e práticas de manejo, irrigação, calagem, conservação e preparo de so los, a eficiência de uso dos fertilizantes pode ser maximizada ao minimizar as interações entre solo e fertilizantes.

Isto pode ser obtido de diversas formas:

- aplicação de fertilizantes em zonas em que as raízes são maos atiyas e absorvendo os nutrientes mais rapidamente;
- aplicando o fertilizante nas épocas que as necessidades fisiológicas da planta pelo nutriente sejam as máximas;
- aplicando o fertilizante numa forma química apropriada afimde minimizar a interação com o solo fornecendo ao mesmo tempo alta disponibilidade de nutrientes;
- estabelecendo um regime hídrico apropriado.

Lopes (1981) tem resumido na Fig. 2, as diversas alternativas de manejo da adubação fosfatada para culturas anuais e bianuais nos Cerrados.

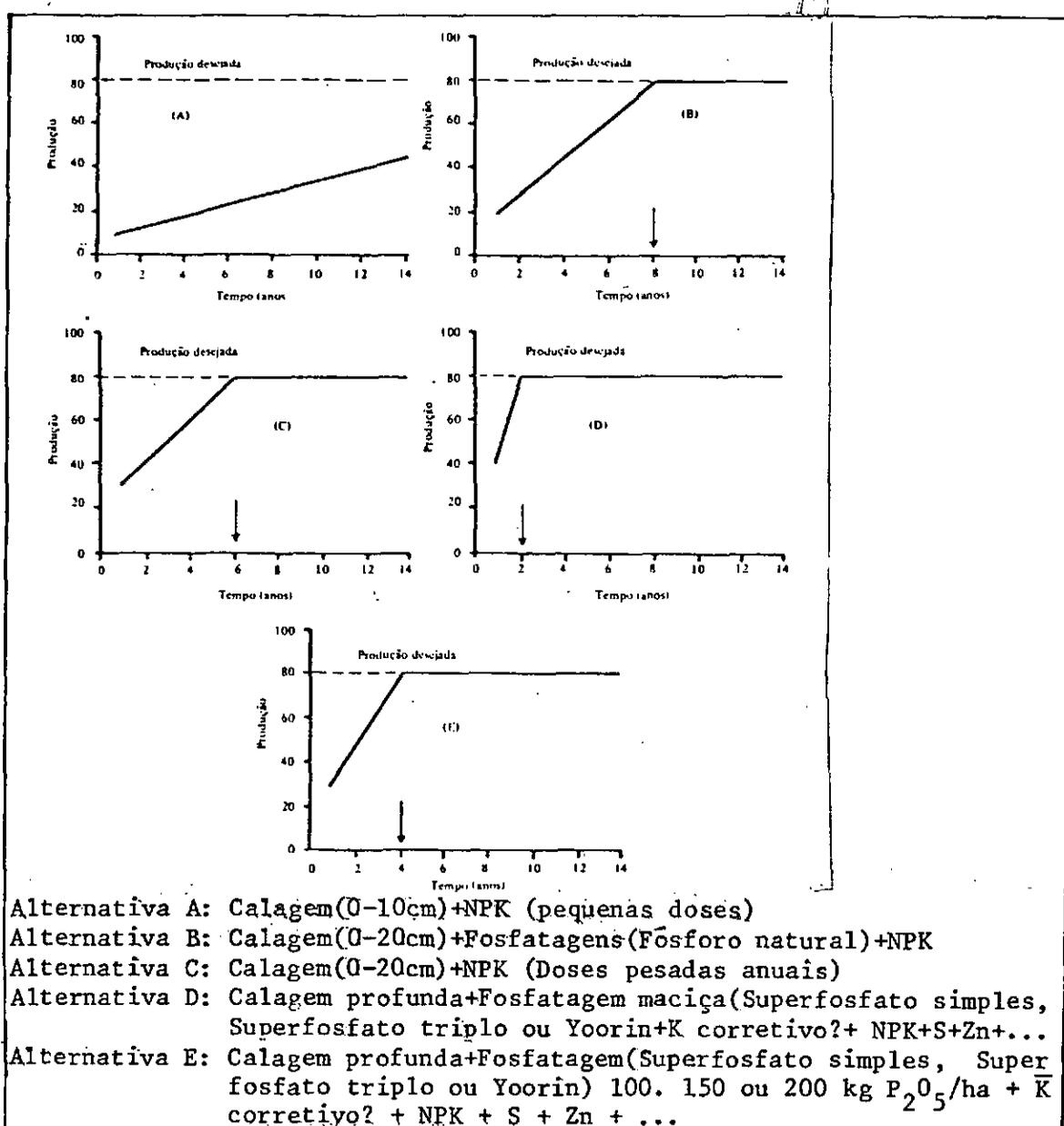
d) Tecnologia dos Fertilizantes: a maior parte dos fertilizantes, normalmente disponíveis tem sido desenvolvidos para seu uso em solos e culturas das zo nas temperadas. Para a maior parte das regiões tropicais e sub-tropicais, a tecnologia de hoje e os materiais fertilizantes não são agronomicamente a dequados ou economicamente viáveis.

Uma tecnologia que utiliza recursos próprios dos países deve ser desenvolvi da mas não requer que seja altamente sofisticada.

Algumas técnicas, já não utilizadas pelos países desenvolvidos, devido ao desenvolvimento de processos mais econômicos ou de produtos mais altamente concentrados, podem ser inteiramente adequados nos países menos desenvolvi dos dos trópicos. O caso do super fosfato simples é um bom exemplo disto. As rochas fosfatadas, ou minerais nativos de K poderiam ser utilizadas e tornar o país mais independente do ponto de vista econômico ou do suprimen to das matérias primas.

Novos fertilizantes e métodos de aplicação que aumentem a efi ciência de uso dos fertilizantes, especialmente N, são urgentemente requeridos para o aumento da produção de alimentos e a conservação dos recursos naturais. Ao mesmo tempo, na medida que a produção de amonia esteja ligada aos derivados do petróleo, seu preço poderá continuar em ascensão.

Fig. 2 - Algumas alternativas para manejo da baixa fertilidade dos solos sob cerrado para culturas anuais e bi-anuais (Lopes, 1981).



- Fertilizantes Nitrogenados: Em geral, se tem enfatizado o desenvolvimento de fertilizantes lentamente solúveis, que permitiriam fornecer N a planta em forma gradual durante seu ciclo de desenvolvimento e também evitar as perdas por lixiviação. Entre eles destacam a SCU (Ureia revestida com Enxofre)./

A taxa de dissolução da SCU é controlada pela quantidade de S que contém e o material selante aplicado, mas inversamente proporcional ao agente cobertor. Em geral, os resultados tem sido favoráveis a SCU quando comparada a ureia normal.

Outros materiais ainda não testados agronomicamente em grande escala são Oxamida (32% N) que tem mostrado ser um fertilizante de baixa solubilidade, sen

do que a solubilidade é dependente do tamanho dos granulos.

O IFDC (USA), se encontra no estágio de desenvolver super granulos de Ureia ou SCU de 5-10 mm de diâmetro para ser utilizado nas culturas de arroz irrigado nas Filipinas.

- Fertilizantes Fosfatados: Nas regiões tropicais as tendências indicam a necessidade de utilização cada vez maior de fertilizantes que além de P permitam transportar Ca e S, devido a elevada concentração e pureza do superfosfato triplo que domina o mercado e ao fato de que o superfosfato simples está sendo produzido em quantidades cada vez menores.

Segundo Goedert e Lobato (1980) a aparente impossibilidade da indústria nacional de fabricar os fertilizantes solúveis, em quantidade suficiente para a demanda do País, a curto prazo, e a necessidade de substituir importações apontam para o uso de fosfatos naturais "in natura" como uma alternativa de suprir, parcialmente, as necessidades futuras de fósforo dos solos brasileiros.

Eles concluíram que a relativa solubilidade lenta dos fosfatos naturais brasileiros mostram que estes materiais devem ser recomendados, apenas, para adubação corretiva, visando elevar o nível de P no solo. Essa adubação corretiva deve ser suplementada com adubação de manutenção no sulco de plantio dos cultivos anuais, utilizando-se uma fonte de fósforo solúvel.

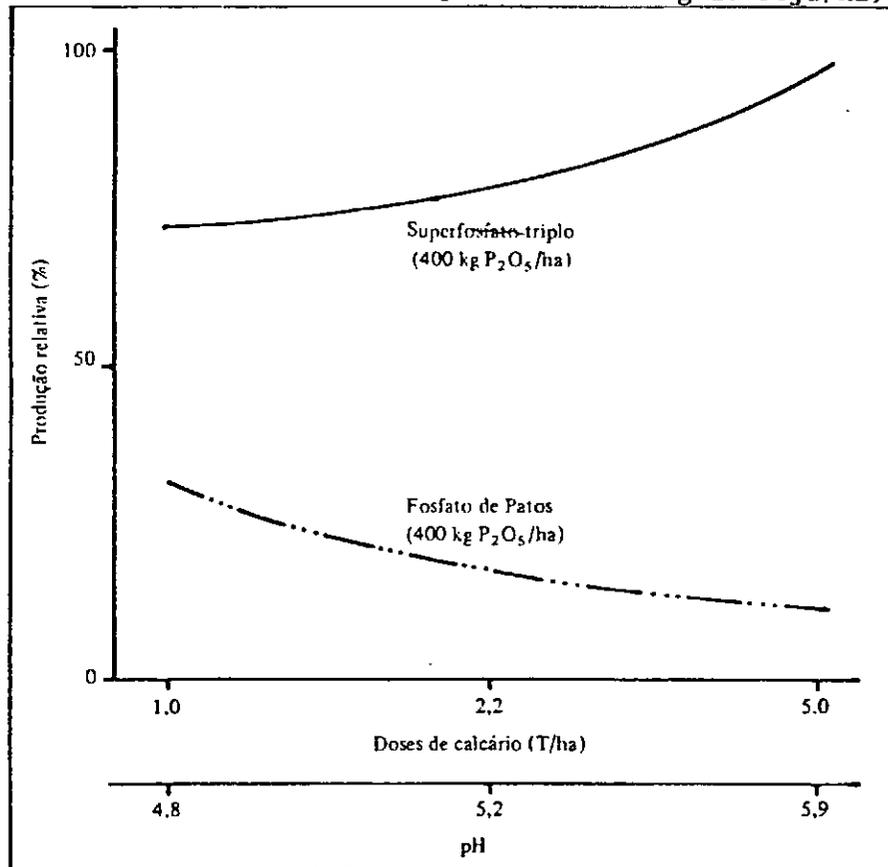
Por outro lado, por ser de lenta solubilização, é de se esperar que esses fosfatos naturais sejam mais eficientes para cultivos perenes e para pastagens.

Goedert e Lobato (1980) acharam que a eficiência do fosfato de Patos de Minas diminuiu com o aumento de pH. O superfosfato triplo se comportou de maneira inversa. Eles concluíram que a prática da calagem não é a mais adequada para os fosfatos naturais, e que mesmo em condições de alta acidez do solo a eficiência agrônômica desses fosfatos naturais é baixa. A calagem poderia ser evitada com a utilização de plantas mais tolerantes a acidez (arroz de sequeiro, brachiaria). Nesse caso será feita apenas a fosfatagem. (Fig. 3).

As rochas fosfatadas nacionais possuem teores médios de 5-14% de P_2O_5 e através de processos industriais são concentrados para teores de 28-30% total (Araçá) e 24-28% total (Patos) apresentando níveis de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico de 4-6%.

A indústria Arafertil se encontra comercializando um fosfato natural parcialmente acidulado com ácido sulfúrico (FAPS), que possui 26% de P_2O_5 total,

Fig. 3 - Efeito da acidez do solo na solubilização de fosfatos, com o cultivo de soja (va. 'UFV-1') em Latossolo Vermelho-escuro (100% = 1.880 kg de soja/ha).



10-12% de P₂O₅ solúvel em ácido cítrico, 35% de CaO e 6% de enxofre, além de ser granulado. Uma outra opção é o tratamento térmico que tem melhorado a disponibilidade do P como no caso do fosfato IPT ou Yoorin. O termofosfato magnésiano Yoorin possui 18% P₂O₅ total, 16,5% P₂O₅ solúvel em ácido cítrico (2%), 14,5% MgO e 28% CaO. Seu uso é, no entanto, incipiente na agricultura brasileira.

Quanto ao desenvolvimento de novas tecnologias com os fertilizantes fosfatados, alguns exemplos aparecem como se segue:

Diversas pesquisas no IFDC, USA, tem conduzido a produção de pequenos grânulos de rocha fosfatada (0.4-0.7 mm de diâmetro) que poderia resolver o problema da "poeira da rocha" finamente moída e possibilitar uma distribuição mais homogênea.

O CEFER, se encontra trabalhando na factibilidade técnica da obtenção de nítrofosfatos através da reação da rocha fosfatada concentrada (Araxá e Patos) com HNO₃, o qual teria como vantagem a substituição do enxofre importado.

Fertilizantes Potássicos: As fontes de potássio de solubilidade controlada não tem recebido grande atenção em comparação com o N e P. Contudo diversas provas com polifosfatos de K e Ca, como fontes de solubilidade lenta tem sido testados no TVA de USA.

No Brasil, a obtenção de fontes nativas de K é extremamente importante devido a que desde 1977, o País tem-se mantido entre os três maiores importadores desse nutriente no mundo. Uma opção consiste na utilização das rochas potássicas silicatadas tipo nefelina-sienitos, localizadas no Planalto de Poços de Caldas-Mg, que possuem conteúdos médios de 11% K_2O , com reservas e quivalentes a cerca de 350 milhões de toneladas.

Pelo tratamento térmico, sob pressão, as rochas potássicas podem atingir 26% K_2O solúvel na forma de polímeros de $KAlSiO_4$ ou kaliófilita.

O produto tem apresentado eficiências de uso similares ao KCl e K_2SO_4 e a lém disso pode corrigir a acidez do solo.

Inibidores de nitrificação: A amônia, proveniente dos fertilizantes ou da ação bacteriana ou da matéria orgânica, está sujeita a oxidação a NO_3 através das atividades de grupos especializados de bacterias. Os agentes que reduzem e eliminam a oxidação bacteriana das formas amoniacales do N são chamados inibidores de nitrificação e podem ser útil para aumentar a efetividade dos fertilizantes nitrogenados. O mais conhecido destes agentes é o "N-serve", com resultados experimentais ainda no estágio da avaliação.

Inibidores da Ureasa: Quando a ureia é aplicada ao lanço em cobertura, podem acontecer perdas substanciais de amônia devido a ação da enzima "Ureasa" presente no solo e resíduos vegetais. A ureasa hidroliza a ureia na forma de um sal instável de carbonato de amônio que se decompõe a NH_3 e CO_2 . Os inibidores de ureasa podem ser incorporados na ureia para reduzir a atividade da enzima até que a ureia tenha penetrado no solo o suficiente para diminuir ou prevenir perda de amônia após a hidrólisis.

Compostos tem mostrado ser promissores como inibidores da urease incluem ácido hydroxiáico, tiocarbamatos, etc. mais os resultados também estão sendo avaliados experimentalmente.

CONCLUSÕES

- 1 - A intensificação do uso dos solos tropicais acarretará maiores perdas de nutrientes, principalmente N e K, se não forem adotadas diversas práticas de manejo de solo (conservação de solos), planta (cultivares adaptadas as condições ambientais, com bom desenvolvimento radicular), fertilizantes (aplicação profunda, solubilidade controlada, aplicação parcelada, etc) e água (irrigação para evitar instabilidade da produção).
- 2 - Amelhoria da eficiência de uso dos fertilizantes deve transformar-se numa prioridade da pesquisa dado que as estimativas preliminares indicam perdas de N equivalentes a US\$ 187,6 milhões/ano e de K de US\$ 176,6 milhões/ano. Isto sem considerar possíveis impactos negativos no meio ambiente.
- 3 - A tecnificação da agricultura brasileira pode ter os seguintes efeitos sobre o uso de fertilizantes:
 - aumentar os rendimentos/ha, mantendo os mesmos níveis atuais de doses de fertilizantes; ou
 - manter os rendimentos atuais com uma redução de insumos.
- 4 - Nos solos tropicais, considerando períodos de pelo menos 5 anos, a eficiência máxima técnica de uso corresponde aos fertilizantes fosfatados e a menor aos fertilizantes potássicos, no entanto, os esforços da pesquisa para aumentar a eficiência no N e K tem sido precários.

LITERATURA CITADA

- BARBER, S.A. 1976. Efficient fertilizer use. In Agronomic Research for Food , American Society of Agronomy, Special Publication 26. pp 13-29.
- BARBER, S.A. 1978. Problem areas and possibilities of more efficient fertilizer use. In Improved use of plant nutrients. FAO Soils Bulletin 37. pp. 7-10.
- BARTHOLOMEW, W.Y. 1972. Supply processes and crop requirements. International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program. North Carolina State University, Raleigh, USA, 78 p.
- BRADY, N. 1977. The role of agronomists in international agricultural development. In Agronomists and Food: Contributions and Challenges. American Society of Agronomy, Special Publication 30. pp. 95-108.
- COOKE, G.W. 1972. Fertilizing for maximum yield. Hafner Publishing Co., New York, USA. 296 p.
- CORNELL University. 1979. Potassium fertility in oxisols and ultisols of the humid tropics., Cornell University, Ithaca, New York, Cornell International Agriculture Bulletin 37. 45 p.
- EMBRAPA 1981. Pronapa 81. Programa Nacional de Pesquisa Agropecuária, Pronapa Brasília, nº 8. 141 p.
- ESPINOZA, W. & REIS, A. F. 1982. Lixiviação de Ca, K e Mg em um latossolo vermelho-escuro (LE) de Cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17 (2): 299-317, Fev. 1982.
- FELIPE-Morales, F., MEYER, R., ALEGRE, C. & VITTORELLI, C. 1979 Losses of water and soil under different cultivation systems in two Peruvian locations, Santa Ana and San Ramon. In Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics. Lal, R. & Greenland, D.J. (Eds.) John Wiley & Sons. pp. 489-500.
- GOEDERT, W. & LOBATO, E. 1980. Eficiência agrônômica de fosfatos em solo de Cerrado. Pesq. agropec. bras., Brasília, 15 (3): 311-318, 1980.
- GHODAKE, R.D. 1981. The potential of mathematical programming for the analysis of yield gaps in semi-arid tropical agriculture. ICRISAT. Economics Program, Progress Report 24. 20 p.
- GREENLAND, D.J. 1978. Cropping systems for efficient fertilizer use. In Improved use of plant nutrients. FAO Soils Bulletin 37, pp. 77-87.

- GROVE, T.L., RITCHEY, K.D. & NADERMAN, G.C. Jr. 1980. Nitrogen fertilization of maize on an Oxisol of the Cerrado of Brazil. *Agron. J.* 72 (2): 261-265.
- LOBATO, E. 1982. Adubação fosfatada em solos da região centro-oeste. In Adubação fosfatada no Brasil, Brasília, DF, 1982. (no prelo).
- LOPES, A. 1981. Fósforo, *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte 7 (81) set. 1981.
- MIRANDA L., MIELNICZUK, J & LOBATO, E. 1979. Calagem e adubação corretiva. In Cerrado; uso e manejo. Brasília, Ed. Editerra, 1980. pp. 521-578.
- MONDARDO, A. & DEDECEK, R.A. 1979. Manejo e conservação do solo para as regiões dos Cerrados. In Cerrado; uso e manejo. Brasília, Ed. Editerra, 1980. pp.615-642.
- NETHSINGHE, D.A. 1978. The use of isotopes and radiation in studies on the efficient use of fertilizers. In Improved use of plant nutrients. FAO Soils Bulletin 37. pp. 125-134.
- SANCHEZ, P.A., BANDY, Dale; VILLACHICA, J.H., NICHOLAIDES, J. 1982. Amazon basin soils: management for continuous crop production. *Science*. Vol. 216, 21 May 1982. pp. 821-827.
- SANDERS, John H. & LYNAM, J. 1982. Definition of the relevant constraints for research resource allocation in crop breeding programmes. *Agricultural Administration* 9 (1982): 273-284.
- SANCHEZ, P. & SALINAS, J. 1981. Low-input technology for managing oxisols and ultisols in tropical America. *Advances in Agronomy*, Vol. 34:279-406.
- TUCKER, T.C. 1982. Pers. Comm.
- YOUTS, S.E. 1972. Trends in soil fertility and plant nutrition. In Moving off the yield plateau. ASA special publication nº 20. pp. 69-82.