

ISSN 0100-8102

**Boletim de Pesquisa**

*Abril, 1997*

*Número 171*

***Avaliação Agronômica  
de Fertilizantes  
Fosfatados em Solos  
do Estado do Pará***



---

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental  
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

*REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL*

*Presidente da República*

*Fernando Henrique Cardoso*

*MINISTRO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO*

*Arlindo Porto Neto*

*EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA*

*Presidente*

*Alberto Duque Portugal*

*Diretores*

*Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres*

*Chefia da Embrapa Amazônia Oriental*

*Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral  
Jorge Alberto Gazel Yared – Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Antonio Carlos Paula Neves da Rocha – Chefe Adjunto de Apoio Técnico  
Antonio Ronaldo Teixeira Jatene – Chefe Adjunto Administrativo*

***Avaliação Agronômica  
de Fertilizantes Fosfatados  
em Solos do Estado do Pará***

*Edilson Carvalho Brasil  
Takashi Muraoka*



*Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:*

*Embrapa Amazônia Oriental*

*Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n*

*Telefones: (091) 246-6653, 246-6333*

*Telex: (91) 1210*

*Fax: (091) 226-9845*

*Caixa Postal, 48*

*66095-100 – Belém, PA*

*Tiragem: 300 exemplares*

#### **Comitê de Publicações**

*Antonio Ronaldo Camacho Baena – Presidente*

*Ari Pinheiro Camarão*

*Célia Maria Lopes Pereira*

*Ismael de Jesus Matos Viégas*

*Jorge Alberto Gazel Yared*

*Maria de Lourdes Reis Duarte*

*Maria de Nazaré Magalhães dos Santos – Secretária Executiva*

*Moacyr Bernardino Dias Filho*

*Noemi Vianna Martins Leão – Vice-Presidente*

*Raimundo Nonato Brabo Alves*

*Sérgio de Mello Alves*

#### **Revisores Técnicos**

*Itamar Pereira de Oliveira – Embrapa Arroz e Feijão*

*Moacyr Bernardino Dias Filho – Embrapa Amazônia Oriental*

*Nand Kumar Fageria – Embrapa Arroz e Feijão*

*Tarciso Ewerton Rodrigues – Embrapa Amazônia Oriental*

*Walmir Salles Couto – Embrapa Amazônia Oriental*

#### **Expediente**

*Coordenação Editorial: Antonio Ronaldo Camacho Baena*

*Normalização: Célia Maria Lopes Pereira*

*Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos*

*Moacyr Bernardino Dias Filho (texto em inglês)*

*Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho*

**BRASIL, E.C., MURAOKA, T. Avaliação agronômica de fertilizantes fosfatados em solos do Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 23p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 171).**

1. Solo – Adubação – Fosfato – Brasil – Pará. 2. Adubo fosfatado – Avaliação – Brasil – Pará. I. Muraoka, T., colab. II. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). III. Título. IV. Série.

CDD: 631.85098115

© Embrapa – 1997

## **SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>20</b>

# **AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE FERTILIZANTES FOSFATADOS EM SOLOS DO ESTADO DO PARÁ<sup>1</sup>**

*Edilson Carvalho Brasil<sup>2</sup>  
Takashi Muraoka<sup>3</sup>*

*RESUMO: Visando avaliar a eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados, foi conduzido um experimento, em casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA, da Universidade de São Paulo – USP, utilizando-se amostras da camada superficial de cinco solos representativos do Estado do Pará. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, onde foram testados quatro fosfatos (superfosfato triplo, termofosfato yoorin fino, termofosfato yoorin granular e fosfato natural da Carolina do Norte), nas doses de P equivalentes a 0, 40, 80 e 120 mg.kg<sup>-1</sup> de solo. Efetuou-se a correção da acidez do solo com calcário dolomítico, considerando-se o método de elevação da saturação por bases. Foram realizados dois cultivos consecutivos, utilizando-se caupi e arroz como plantas-teste. Os resultados mostraram que no cultivo do caupi os melhores rendimentos em produção de matéria seca e P absorvido foram obtidos com superfosfato triplo, à exceção dos latossolos de texturas média e argilosa. Para a maioria dos solos não houve diferença entre os fosfatos, em termos de produção de matéria seca do arroz. O termofosfato yoorin fino apresentou, no primeiro cultivo, Índice de eficiência agronômica superior aos demais, igualando-se ao fosfato padrão (SFT) nas doses mais elevadas dos latossolos de texturas média e argilosa. Os fosfatos da Carolina do Norte e yoorin granular apresentaram melhor efeito residual, com aumento de eficiência no segundo cultivo. No cultivo do caupi, o termofosfato yoorin granular teve eficiência influenciada negativamente pelo tamanho das partículas.*

*Termos para indexação: fosfato da Carolina do Norte, termofosfato magnesiano, Índice de eficiência agronômica, solos da Amazônia.*

---

<sup>1</sup> Parte da Dissertação do primeiro autor, apresentada à ESALQ, em 1994, para obtenção do grau de Mestre. Trabalho financiado pela FAPESP e AIEA-Projeto BR 7500.

<sup>2</sup> Eng.- Agr., M.Sc, Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal 48, CEP 66017-970, Belém, PA.

<sup>3</sup> Eng.- Agr., Ph.D., USP-CENA, Caixa Postal 93, CEP 13400-970, São Paulo, SP.

## **AGRONOMIC EVALUATION OF PHOSPHATE FERTILIZERS IN SOILS FROM PARA STATE**

**ABSTRACT:** *The relative agronomic efficiency of four phosphate sources (triple superphosphate, fine yoorin thermophosphate, granular yoorin thermophosphate and North Caroline rock phosphate) was evaluated, in a pot trial carried out in greenhouse conditions, using five soils from Pará State, which received three rates of phosphorus (40, 80 and 120 mg kg<sup>-1</sup> of soil) plus the control treatment. The soil samples were collected in the superficial layer. A randomized block design with three replicates was used. Two consecutive crops (cowpea and rice) were used as test plants. The results showed that the best dry matter yield and P up take, for cowpea, were obtained in soils fertilized with triple superphosphate, with exception to the clayey and medium texture latosols. In the majority soils, there were no differences between the phosphates in dry matter yield of rice. The agronomic efficiency index of fine yoorin was superior to the other phosphates for the cowpea cultivation, becoming equal at index of the high rates standard phosphate in the clayey and medium texture latosols. The best residual effect was obtained with North Caroline rock phosphate and granular yoorin. When thermophosphate with large particles size was used, there was a negative effect on cowpea yield.*

*Index terms:* North Caroline rock phosphate, magnesian thermophosphate, agronomic efficiency index, Amazonian soils.

### **INTRODUÇÃO**

*O uso de fertilizantes fosfatados é de grande importância para a maioria dos solos brasileiros, devido aos baixos teores de fósforo disponível. Os fertilizantes fosfatados mais usados na agricultura brasileira são os fosfatos solúveis em água (superfosfato simples, superfosfato triplo, fosfato monoamônio e fosfato diamônio) que, seguramente, são as fontes de fósforo que proporcionam melhores rendimentos às plantas. Contudo, são produtos caros, por exigirem em sua*

*fabricação alto consumo de energia, além de necessitarem de enxofre, matéria-prima importada, que eleva ainda mais o seu custo final.*

*A utilização de rochas fosfatadas, concentradas e finamente moídas tem sido sugerida como forma alternativa para suprir, parcialmente, a deficiência de fósforo em muitos solos brasileiros, por exigir processos industriais mais simples e, conseqüentemente, menor custo de fabricação (Goedert & Lobato, 1980). Os fosfatos naturais brasileiros têm apresentado baixa eficiência agrônômica inicial, em relação ao superfosfato triplo, porém, com o decorrer do tempo de aplicação sua eficiência tende a melhorar (Raij et al. 1982; Sousa & Volkweiss, 1987). Além da baixa eficiência dos fosfatos naturais apatíticos, alguns autores (Braga et al. 1980; Goedert & Lobato, 1980) têm demonstrado grande variação nos resultados experimentais desses produtos. Os fosfatos de rocha são mais eficientes quando usados em solos ácidos e com baixos teores de fósforo (Khasawneh & Doll, 1978). De acordo com Goedert et al. (1987), pode-se esperar que os fosfatos naturais de origem apatítica apresentem maior solubilidade em condições de solos ácidos e com baixos teores de cálcio trocável. Em solos ácidos com elevada capacidade de fixação, a aplicação de fosfatos de baixa solubilidade pode ser economicamente mais eficiente que as fontes solúveis (Sanches, 1981), sendo desejável, entretanto, o uso de rocha fosfatada de alta qualidade. O fosfato natural da Carolina do Norte, uma fluorapatita, tem sido considerado como um produto de elevada solubilidade (Hammond et al. 1986) e com alta eficiência agrônômica (Chien & Hammond, 1978; Hammond et al. 1982). Estudos têm demonstrado que este fosfato possui significativa solubilidade em solos ácidos e esse comportamento pode ser atribuído ao enfraquecimento da estrutura cristalina da apatita, devido à substituição isomórfica do fosfato pelo carbonato (Hammond et al. 1986).*

*A escolha de uma fonte de fósforo está relacionada à sua eficiência em suprir as necessidades das plantas e ao valor real do fertilizante. Entretanto, outros aspectos podem ser considerados na escolha, como: fornecimento de outros nutrientes, correção da acidez do solo e promoção de maior desenvolvimento radicular. Fenster & Léon (1978), citados por Kaminski (1983), indicaram os termofosfatos, especialmente os termofosfatos magnesianos fundidos, como alternativa de grande potencial para solos da América Latina, relatando que estes fosfatos mostraram-se até superiores aos superfosfatos, inclusive quanto à liberação de Ca e Mg. De acordo com Goedert et al. (1986a), os termofosfatos têm apresentado eficiência similar ou mesmo superior à dos superfosfatos. Os termofosfatos além de fornecer cálcio e magnésio para as plantas, em face do alto teor de silicato de cálcio e de magnésio, tem mostrado também um efeito corretivo da acidez do solo (Yost et al. 1982).*

*A granulometria é uma das características físicas dos fosfatos que pode influenciar a solubilidade, quando aplicados ao solo, e, de acordo com o tipo de produto usado, pode promover um comportamento diferenciado. Este efeito tem sido verificado para diferentes fosfatos de rocha, onde a redução do tamanho das partículas tem proporcionado aumento da eficiência desses materiais (Kanabo & Gilkes, 1988; Raji et al. 1979). Entretanto, poucos estudos foram realizados sobre a influência da granulometria na eficiência agrônômica dos termofosfatos e os trabalhos existentes indicam a necessidade de mais estudos, em virtude dos resultados divergentes (Tanaka, 1990; Stefanutti, 1991).*

*Este trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados em solos do Estado do Pará.*

## **MATERIAL E MÉTODOS**

*O experimento foi conduzido em casa de vegetação do CENA-USP, em vasos de plástico com capacidade para 4 litros, onde foram utilizadas amostras de solos representativos do Estado do Pará, classificados como: Latossolo Amarelo álico, textura média (LAm.), coletado na Fazenda Laranjeira, município de Ipixuna; Latossolo Amarelo álico caulínítico, textura argilosa (LA arg.), coletado no Campo Experimental da Embrapa, município de Capitão Poço; Latossolo Amarelo álico, textura muito argilosa (LAm.arg.), coletado na Fazenda Patagônia, município de Ipixuna; Podzólico Vermelho-Amarelo álico caulínítico, textura média/argilosa (PV m/arg.), coletado Campo Experimental da Embrapa, município de Capitão Poço; e Podzólico Vermelho-Amarelo álico, textura argilosa/muito argilosa (PV arg./m.arg.), coletado na Fazenda El Dorado, município de Tailândia. As amostras foram retiradas na profundidade de 0-20 cm, sendo posteriormente secadas ao ar e passadas em peneira de 4 mm. Do material coletado foram retiradas subamostras para caracterização química (Rajj & Quaggio, 1983) e física (Embrapa, 1979), sendo os resultados apresentados na Tabela 1.*

*Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições, em arranjo fatorial 5x4x4, correspondendo a cinco solos, quatro fontes e quatro doses de fósforo.*

*Em cada vaso foram acondicionados 3,5 kg de terra que receberam aplicação de calcário dolomítico com as seguintes características: 20,8% de CaO; 12,48% de MgO e 104% de PRNT. A quantidade de calcário por vaso foi definida de acordo com o critério de elevação da saturação por bases a 40%, em função das plantas-teste utilizadas. O calcário foi uniformemente misturado ao solo, ficando em incubação por um período de 15 dias, com a umidade mantida à aproximadamente 60% da capacidade máxima de retenção de água, por meio de pesagens periódicas dos vasos e adição*

de água por rega. Em seguida, procedeu-se a aplicação dos fosfatos com base no teor de  $P_2O_5$  total de cada produto. Para promover variações nos teores de P nos solos utilizados, efetuou-se aplicação de doses de P equivalentes a 0, 40, 80 e 120  $mg.kg^{-1}$  de solo. Foram testados os seguintes fosfatos: fosfato natural da Carolina do Norte (FNCN), termofosfato magnésiano semi-acabado (yoorin granular), termofosfato magnésiano em pó (yoorin-fino) e superfosfato triplo (SFT) como padrão de comparação. A granulometria dos termofosfatos variou de acordo com o estado de acabamento, correspondendo a semi-acabado, quando 100% das partículas passam em peneira de 0,84 mm (ABNT 20); e em pó, quando 75% das partículas passam em peneira de 0,15 mm (ABNT 100). O fosfato natural foi utilizado em forma grosseira, com 64% das partículas passando em peneira de 0,3 mm (ABNT 50).

TABELA 1. Características químicas e físicas das amostras de solo estudadas, coletadas na profundidade de 0-20 cm.

Características	Solo				
	LA m.	LA arg.	LA m.arg.	PV arg.	PV m.arg.
Areia grossa, $g kg^{-1}$	210,0	340,0	70,0	340,0	240,0
Areia fina, $g kg^{-1}$	520,0	330,0	100,0	320,0	420
Silte, $g kg^{-1}$	50,0	90,0	120,0	80,0	70,0
Argila, $g kg^{-1}$	220,0	240,0	710,0	260,0	270,0
M.O., $g dm^{-3}$	24,0	24,0	40,0	27,0	25,0
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,0	3,5	3,5	3,2	3,8
Ca <sup>2+</sup> , $mmolc dm^{-3}$	10,0	5,0	10,0	4,0	8,0
Mg <sup>2+</sup> , $mmolc dm^{-3}$	3,0	2,0	8,0	1,0	2,0
K <sup>+</sup> , $mmolc dm^{-3}$	1,7	1,1	1,1	0,7	0,9
P, $mg dm^{-3}$ (resina)	2,0	5,0	9,0	4,0	4,0
Al <sup>3+</sup> , $mmolc dm^{-3}$	6,0	12,0	15,0	22,0	8,0
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup> , $mmolc dm^{-3}$	42,0	58,0	98,0	121,0	47,0

Os fosfatos foram analisados quimicamente de acordo com os métodos oficiais de análise de fertilizantes (Brasil, 1988), através das determinações de fósforo total, fósforo solúvel em ácido cítrico 2% (1:100), fósforo solúvel em água mais citrato neutro de amônio e fósforo solúvel em água (Tabela 2).

TABELA 2. Resultados da análise química dos fosfatos testados.

Fonte de P	Teor de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)			
	Total	Ácido cítrico (2%)	CNA <sup>(1)</sup> + H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
SFT	47,3	38,7	41,3	36,6
FNCN	30,0	10,9	4,1	-
Yoorin granular	17,4	12,9	6,1	-
Yoorin fino	17,0	17,0	5,1	-

<sup>(1)</sup> CNA = citrato neutro de amônio.

SFT = Superfosfato triplo; FNCN = Fosfato natural da Carolina do Norte.

Foram realizados dois cultivos consecutivos, utilizando-se caupi (cultivar Poty /CNC 371) e arroz (cultivar IAC 25) para avaliação do efeito residual dos fosfatos. A semeadura do caupi foi realizada distribuindo-se dez sementes por vaso, deixando-se três plantas por vaso. Na semeadura do arroz foram colocadas 15 sementes por vaso, deixando-se oito plantas. Na ocasião da semeadura do caupi, as sementes foram inoculadas com uma mistura de estirpes de *Rhizobium* (CN-1525, CN-1527 e CN-1545). No cultivo do arroz efetuou-se uma adubação básica com N e K, utilizando-se uréia e cloreto de potássio, dissolvidos em água, nas quantidades de 200 e 250 mg do nutriente por vaso, respectivamente. A aplicação desses adubos foi realizada parceladamente em duas vezes. Micronutrientes foram misturados às amostras de solo, em solução contendo, em mg dm<sup>-3</sup>, o equivalente a 1,0 de B; 1,0 de Cu; 0,1 de Mo e 2,5 de Zn, nas formas de

*ácido bórico, sulfato de cobre, molibdato de amônio e sulfato de zinco, respectivamente.*

*A colheita do caupi foi realizada 52 dias após a semeadura, efetuando-se o corte da parte aérea das plantas, enquanto que a do arroz foi realizada aos 46 dias após a semeadura. O material obtido do caupi e do arroz, após secagem em estufa a aproximadamente 65°C, foi pesado, moído e submetido à digestão por via úmida (Sarruge & Haag, 1974), para posterior determinação da concentração de P no tecido vegetal.*

*Os resultados de produção de matéria seca e P absorvido foram submetidos à análise de variância (teste F), de acordo com o delineamento proposto, e, as comparações das médias das combinações dos fatores foram realizadas com o auxílio do teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.*

*A avaliação dos fosfatos foi realizada através de cálculo do Índice de Eficiência Agronômica (IEA), descrito por Goedert et al. (1986b). Este índice foi calculado com base no diferencial de produção de matéria seca e teor de fósforo da parte aérea das plantas de caupi e de arroz, utilizando-se a mesma dose de P total para todas as fontes e adotando-se superfosfato triplo como fonte de referência.*

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

*O resultado da análise de variância para as variáveis produção de matéria seca e fósforo absorvido da parte aérea indicou que, em ambos os cultivos, houve efeito significativo para todas as interações de solo, fontes e doses, com exceção para a interação dos fatores fontes e doses, na produção de matéria seca do arroz.*

Na Tabela 3 são apresentadas as médias dos rendimentos de matéria seca e fósforo absorvido da parte aérea do caupi e do arroz, obtidas da interação entre solos e fontes de fósforo.

No cultivo do caupi, verificou-se que o SFT apresentou os melhores resultados de produção de matéria seca, em relação aos demais fosfatos, para a maioria dos solos. Estes resultados foram esperados em vista da elevada solubilidade do SFT, e que, provavelmente, foi favorecida pela correção da acidez do solo, com a redução da fixação do P (Goedert et al. 1987).

TABELA 3. Comparação de médias de produção de matéria seca (g/vaso) e de P absorvido (mg/vaso) da parte aérea do caupi e do arroz, obtidas da interação entre solos e fontes de fósforo.

Solo	Fonte de P	Caupi		Arroz	
		Mat.seca	P absorvido	Mat. seca	P absorvido
LA arg.	SFT	8,92 a <sup>(*)</sup>	25,16 a <sup>(*)</sup>	7,10 a	15,67 a
	Yoorin fino	8,52 a	26,71 a	6,58 a	13,27 b
	Yoorin granular	5,91 b	13,44 b	6,40 a	12,13 b
	FNCN	5,43 b	10,15 c	6,56 a	12,93 b
LA m.arg.	SFT	8,28 a	13,57 a	7,68 b	12,11 b
	Yoorin fino	6,07 b	10,92 a	6,68 c	11,24 bc
	Yoorin granular	3,28 c	5,24 b	7,03 bc	10,36 c
	FNCN	3,85 c	6,07 b	9,62 a	14,48 a
LA m.	SFT	9,46 a	28,47 a	5,97 a	12,97 a
	Yoorin fino	9,33 a	26,32 a	6,12 a	11,80 a
	Yoorin granular	7,70 b	19,13 b	5,58 a	9,80 b
	FNCN	5,60 c	9,90 c	5,34 a	9,53 b
PV m/arg.	SFT	8,32 a	24,97 a	6,12 a	12,80 a
	Yoorin fino	7,29 b	18,33 b	5,54 a	10,58 b
	Yoorin granular	4,22 c	9,02 c	5,32 ab	8,73 c
	FNCN	2,11 d	2,67 d	4,52 b	6,35 d
PV arg/m.arg.	SFT	9,49 a	23,02 a	6,14 a	12,06 a
	Yoorin fino	6,27 b	13,22 b	5,75 a	9,31 b
	Yoorin granular	6,03 b	14,20 b	5,46 a	8,84 b
	FNCN	3,84 c	7,40 c	5,64 a	9,39 b

<sup>(\*)</sup> Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade. A comparação somente é válida dentro de tipos de solos.

SFT = Superfosfato triplo; FNCN = Fosfato natural da Carolina do Norte.

*O termofosfato yoorin fino apresentou a segunda melhor produção de matéria seca do caupi, com exceção do LA m. e do LA arg. que apresentaram resultados significativamente semelhantes aos obtidos pelo SFT. Diversos trabalhos têm evidenciado os resultados satisfatórios apresentados pelo termofosfato magnesiano, os quais, em várias ocasiões, têm demonstrado ser tão eficiente quanto os fertilizantes de elevada solubilidade em água (Goedert & Lobato, 1984; Goedert et al. 1987).*

*Os resultados menos expressivos, em produção de matéria seca do caupi, foram verificados para o termofosfato yoorin granular e o fosfato natural da Carolina do Norte (FNCN), sendo este último o que apresentou os menores rendimentos, dentre os fosfatos estudados. Estes resultados demonstram que o tamanho das partículas destes produtos influenciou diretamente a resposta das plantas. No caso do yoorin granular, o efeito foi evidente, considerando-se que o produto apresenta características químicas semelhantes ao yoorin fino, diferindo apenas na granulometria, concordando com os resultados obtidos por Stefanutti (1991). No caso do FNCN, os resultados obtidos não correspondem com o que tem sido constatado na literatura, onde verificam-se boas respostas das plantas com a aplicação do produto. Contudo, é provável que os baixos rendimentos do caupi, neste estudo, sejam devido ao fosfato não ter sido usado na forma de pó, como é utilizado comercialmente. Em estudos sobre o efeito da granulometria na eficiência do FNCN, Kanabo & Gilkes (1988) observaram que a dissolução do fosfato aumentou com a diminuição do tamanho das partículas.*

*Comparando-se o conteúdo de fósforo absorvido da parte aérea do caupi (Tabela 3), observou-se um comportamento semelhante aos resultados de produção de matéria seca, onde o SFT apresentou os maiores valores de fósforo acumulado, porém equiparando-se, estatisticamente, ao yoorin fino nos Latossolos.*

*Os resultados de produção de matéria seca do arroz (Tabela 3), na maioria dos solos, não diferiram estatisticamente entre si, com exceção do LA m.arg. e do PV m./arg.. Alguns aspectos podem ser considerados para explicar o comportamento dos fosfatos neste cultivo, podendo ser mencionada a redução da eficiência do superfosfato, no segundo cultivo, e o aumento da eficiência das fontes de menor solubilidade. De acordo com Sousa & Volkweiss (1987), o efeito residual de adubos fosfatados solúveis tende a diminuir com o tempo da aplicação. Por outro lado, os fosfatos menos solúveis tendem a manifestar melhor efeito sobre os rendimentos das culturas, após o primeiro cultivo. Goedert & Lobato (1980) mencionam que a maioria dos fosfatos naturais brasileiros apresentaram baixa eficiência no primeiro cultivo, mas para os cultivos subseqüentes observa-se uma melhoria na eficiência dos produtos.*

*Os índices de eficiência agrônômica (IEA) relativos aos dados de produção de matéria seca da parte aérea do caupi (Tabela 4) mostram que, em todos os solos, o termofosfato yoorin fino apresentou eficiência superior ao termofosfato yoorin granular e ao FNCN, chegando a igualar-se ao SFT (padrão), nas doses mais elevadas, nos LA arg. e LA m.. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Braga et al. (1980) e Oliveira et al. (1984), que atribuíram a eficiência deste fosfato à sua solubilidade e à ação corretiva sobre a acidez do solo. Alcarde & Ponchio (1980), avaliando a solubilidade da maioria dos fosfatos naturais brasileiros e de alguns termofosfatos, através da extração com ácidos orgânicos, concluíram que o termofosfato yoorin apresentou solubilidade relativamente elevada, mesmo em solução neutra de citrato de amônio.*

*Os valores do IEA obtidos pelo termofosfato yoorin granular foram bastante inferiores aos obtidos pelo yoorin fino, indicando que a diferença entre os resultados apresentados por estes produtos ocorreu em função da granulometria, onde a mais rápida liberação de fósforo para as*

plantas foi verificado para o termofosfato com partículas de menor tamanho. Resultados semelhantes foram obtidos por Stefanutti (1991), que comparou três granulometrias do termofosfato yoorin, e constatou aumento de eficiência do produto à medida que diminuiu o tamanho das partículas.

TABELA 4. Índice de eficiência agrônômica (%) obtido com base na produção de matéria seca do caupi e do arroz, em função de solos, fontes e doses.

Solo	1º cultivo (caupi)				2º cultivo (arroz)		
	Dose	FNCN	Yoorin granular	Yoorin fino	FNCN	Yoorin granular	Yoorin fino
LA arg.	40	34	34	80	82	72	82
	80	53	65	86	79	75	82
	120	59	66	106	91	97	95
LA m.arg.	40	30	26	37	115	65	61
	80	40	31	70	123	93	78
	120	44	29	76	131	89	84
LA m.	40	39	62	94	92	98	110
	80	50	77	94	78	93	107
	120	56	78	101	79	93	100
PV m/arg.	40	12	21	75	64	82	72
	80	12	32	88	56	80	77
	120	14	42	84	65	76	79
PV arg/m.arg.	40	41	32	47	95	84	125
	80	34	45	44	76	64	77
	120	29	91	80	73	105	85

O fosfato da Carolina do Norte apresentou os menores índices de eficiência agrônômica no cultivo do caupi, assemelhando-se ao comportamento dos fosfatos naturais brasileiros citados em alguns trabalhos (Goedert & Sousa, 1986; Goedert et al. 1990; Ferreira & Kaminski, 1979), que

*mencionam a baixa eficiência destes produtos em relação às fontes com maior solubilidade em água. Entretanto, estes resultados não estão de acordo com os obtidos por Barnes & Kamprath (1975), que em experimentos de campo, observaram que a resposta do FNCN, medida em termos de produção e de absorção de P por milho, soja e trigo, foi equivalente àquela obtida com superfosfato. Hammond & Léon (1992), avaliando este fosfato natural, relataram a alta eficiência agrônômica e assinalaram que é considerado o fosfato natural mais solúvel encontrado na atualidade. Chien & Hammond (1978) avaliaram o potencial agrônômico de sete fosfatos de rocha, em solos ácidos colombianos, e constataram que o fosfato da Carolina do Norte não apresentou bons rendimentos de feijão, no primeiro cultivo, sendo inferior ao SFT e ao fosfato de Gafsa. Contudo, no segundo e terceiro cultivos houve uma melhora considerável no rendimento de grãos do feijão, nos tratamentos com fosfato da Carolina do Norte. Os resultados dos IEA, relativos à produção de matéria seca do arroz (Tabela 4), estão de acordo com os obtidos por Chien & Hammond (1978), mostrando que o efeito residual do fosfato da Carolina do Norte tende a equiparar-se às fontes mais solúveis, como o termofosfato yoorin fino. Os resultados demonstraram, ainda, que os índices relativos ao termofosfato granular aumentaram substancialmente em relação aos obtidos no primeiro cultivo.*

*Os valores dos IEA, obtidos a partir do conteúdo de fósforo absorvido da parte aérea das plantas de caupi e arroz (Tabela 5), foram da mesma ordem que os apresentados para produção de matéria seca, evidenciando que ambas as variáveis podem ser utilizadas, satisfatoriamente, para avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos.*

**TABELA 5. Índice de eficiência agronômica (%) obtido com base no conteúdo de fósforo absorvido da parte aérea do caupi e do arroz, em função de solos, fonte e doses.**

<i>Solo</i>	<i>1º cultivo (caupi)</i>				<i>2º cultivo (arroz)</i>		
	<i>Dose</i>	<i>FNCN</i>	<i>Yoorin granular</i>	<i>Yoorin fino</i>	<i>FNCN</i>	<i>Yoorin granular</i>	<i>Yoorin fino</i>
<i>LA arg.</i>	40	39	49	92	85	66	73
	80	42	51	98	73	72	92
	120	26	49	108	76	72	82
<i>LA m.arg.</i>	40	32	28	61	117	70	68
	80	62	44	94	114	87	89
	120	37	33	78	115	80	96
<i>LA m.</i>	40	27	56	91	86	79	91
	80	30	81	94	72	79	93
	120	34	57	91	56	64	85
<i>PV m/arg.</i>	40	13	26	79	66	94	104
	80	7	20	64	40	62	76
	120	6	26	72	39	52	68
<i>PV arg/m.arg.</i>	40	61	52	84	109	76	147
	80	34	46	49	69	49	53
	120	18	72	51	63	87	64

## CONCLUSÕES

*Os melhores resultados em produção de matéria seca e P absorvido no cultivo do caupi foram obtidos com superfosfato triplo, com exceção para os latossolos de textura média e argilosa, onde as produções equipararam-se às do yoorin fino.*

*No cultivo do arroz não houve diferença entre os fosfatos, na maioria dos solos, em termos de produção de matéria seca, exceto no LA muito argiloso, onde o FNCN foi superior e no PV médio/argiloso, e o superfosfato triplo e o yoorin fino foram ligeiramente superiores.*

*Em termos de índice de eficiência agronômica, no primeiro cultivo o yoorin fino foi superior aos demais, igualando-se ao fosfato padrão (SFT) nas doses mais elevadas dos latossolos de texturas média e argilosa.*

*O termofosfato yoorin granular e o FNCN apresentaram aumento de eficiência no segundo cultivo.*

*No primeiro cultivo, o tamanho das partículas influenciou negativamente a eficiência do termofosfato yoorin granular.*

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCARDE, J.C.; PONCHIO, C.O. Caracterização das solubilidades das rochas fosfatadas brasileiras e termofosfatos em diferentes extratores químicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p.196-200, 1980.
- BARNES, J.S.; KAMPRATH, E.J. **Availability of North Carolina rock phosphate applied to soils**. North Caroline, 1975. 22p. (Technique Bulletin, 229).
- BRAGA, N.R.; MASCARANHAS, H.A.A.; FEITOSA, C.T.; RAIJ, B. van. Efeitos de fosfatos sobre o crescimento e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, p.36-39, 1980.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais**. Rio de Janeiro, 1988. 104p.
- CHIEN, S.H.; HAMMOND, L.L. A comparison of various laboratory methods for predicting the agronomic potencial of phosphate rocks for direct application. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.42, p.935-939, 1978.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
- FERREIRA, T.N.; KAMINSKI, J. Eficiência agrônômica dos fosfatos naturais de Patos de Minas e Gafsa, puros e modificados por acidulação e calcinação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 3, p. 158-162, 1979.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Eficiência agrônômica de fosfatos em solos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.15, p.311-318, 1980.

- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. Avaliação agronômica de fosfatos em solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.97-102, 1984.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. de. Avaliação preliminar de fosfatos com acidulação parcial. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.10, p.75-80, 1986.
- GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. de. Eficiência agronômica de fertilizantes fosfatados não tradicionais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROCHA FOSFÁTICA, 3., 1986, Brasília. **Anais**. São Paulo: IBRAFOS, 1986a. p.415-429.
- GOEDERT, W.J. ; REIN, T.A. ; SOUSA, D.M.G. de. Eficiência agronômica de fosfatos naturais, fosfatos parcialmente acidulados e termofosfatos em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.4, p.521-530, 1990.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Fósforo. In: GOEDERT, W.J. **Solos de cerrado: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1987. p.129-166.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. ; REIN, T.A. **Princípios metodológicos para avaliação agronômica de fontes de fósforo**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1986b. 23p. (Embrapa-CPAC. Documentos, 27).
- HAMMOND, L. L; CHIEN, S.H.; MOKNUNYE. Agronomic value of unacidulation and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. **Advances in Agronomy**, New York, v.40, p.89-140, 1986.
- HAMMOND, L. L.; LEON, L.A. Evaluacion del fosfato natural da Carolina del North como un fertilizante fosfatado. **Suelos Ecuatoriales**, Medellin, v.22, n.1, p.143-149, 1992.

- HAMMOND, L. L.; LEON, L.A.; RESTREPO, L.G. *Efecto residual de las aplicaciones de 7 fuentes de fósforo sobre el rendimiento de Brachiaria decumbens en un Oxisol de Carimagua. Suelos Ecuatoriales, Medellín, v.12,n.2, p.122-128, 1982.*
- KAMINSKI, J. *Efeito de cinco fosfatos pré-, co- e pós aplicados ao calcário no suprimento de fósforo ao sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench-CV. Conti-Brasil), em três solos ácidos. Piracicaba: ESALQ, 1983. 126p. Tese de Doutorado.*
- KANABO, I.A.K.; GILKES, R.J. *The effect of particle size on North Caroline phosphate rock on its dissolution in soil and on levels of bicarbonate-soluble phosphorus. Fertilizer Research, Dordrecht, v.15, p.137-145, 1988.*
- KHASAWNEH, F.E.; DOLL, E.C. *The use of phosphate rocks for direct application to soils. Advances in Agronomy, New York, v.30, p.159-206, 1978.*
- OLIVEIRA, E.L. de; MUZILLI, O.; IGUE, K.; TORNERO, M.T.T. *Avaliação da eficiência agrônômica de fosfatos naturais. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.8, p.63-67, 1984.*
- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solos para fins de fertilidade. Campinas: IAC, 1983. 31p. (IAC. Boletim Técnico, 81).*
- RAIJ, B. van; CABALA, R.P.; LOBATO, E. *Adubação fosfatada no Brasil: apreciação geral, conclusões e recomendações. In: OLIVEIRA, A.J.; LOURENGO, S; GOEDERT, W.J. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília: Embrapa-DID, 1982. p.1-19.*
- RAIJ, B. van.; CARMELO, Q.A.C.; GROHMAN, F. *Influência do grau de moagem na eficiência de dois fosfatos naturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 17., 1979, Manaus, AM. Anais. Manaus, 1979. p.37.*

- SANCHES, P.A. *Fósforo, silício y azufre*. In: SANCHES, P.A. **Suelos del tropicos: características y manejo**. San José: IICA, 1981. 234p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 57p.
- SOUSA, D.M.G. de; VOLKWEISS, S.J. *Rendimento da matéria seca e conteúdo de fósforo da parte aérea do milho influenciados pela adubação com superfosfato triplo em pó e em grânulos*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.11, p.127-132, 1987.
- STEFANUTTI, R. **Efeito da granulometria de um termofosfato magnésiano no aproveitamento do fósforo**. Piracicaba: USP-CENA, 1991. 76p. Tese Mestrado.
- TANAKA, R.T. **Efeito do método de aplicação e do período de incubação na eficiência agrônômica dos fosfatos**. Piracicaba: ESALQ, 1990. 122p. Tese Doutorado.
- YOST, R.S.; NADERMAN, G.C.; KAMPRATH, E.J.; LOBATO, E. *Availability of rock phosphate as measured by an acid tolerant pasture grass and extractable phosphorus*. **Agronomy Journal**, Madison, v.74, p.462-468, 1982.

***QUALIDADE TOTAL É UMA FILOSOFIA QUE  
ENVOLVE TODOS OS FUNCIONÁRIOS DE  
TODAS AS HIERARQUIAS DA EMPRESA.***



*Impressão e acabamento:  
Embrapa Produção de Informação*