

EFICIÊNCIAS AGRONÔMICA E ECONÔMICA DE UM FOSFATO PARCIALMENTE ACIDULADO EM *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU EM SOLO DE FLORESTA NA AMAZÔNIA¹

MOACYR BERNARDINO DIAS FILHO² e MIGUEL SIMÃO NETO³

RESUMO - Avaliaram-se durante 25 meses, em um experimento de campo em solo de floresta, na Amazônia, com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, as eficiências agronômica e econômica de um fosfato parcialmente acidulado (FPA), comercial, granulado, contendo 46% de P_2O_5 total solúvel em citrato neutro de amônio + água. A fonte de referência foi o superfosfato simples (SFS). Ambas as fontes foram aplicadas no mesmo sulco das sementes durante a semeadura do capim, nas doses de 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 total e comparadas com tratamentos sem a adubação fosfatada (testemunha). O FPA apresentou eficiência agronômica média, calculada em função do P absorvido em todo o período experimental, de 64%, não tendo sido observada tendência de aumento entre as observações inicial e final. O FPA mostrou ser menos econômico que o SFS, para alcançar produções idênticas de matéria seca. Em função dos dados obtidos, sugere-se que o teor de P_2O_5 total do FPA não deve ser tomado como referência para o cálculo de adubação de pastagem de capim-marandu, sendo a sua fração solúvel um índice mais apropriado.

Termos para indexação: fósforo, capim-marandu, fosfato comercial, fosfato granulado, fosfato solúvel em citrato neutro de amônio.

AGRONOMIC AND ECONOMIC EFFICIENCIES OF A PARTIALLY ACIDULATED ROCK PHOSPHATE ON *BRACHIARIA BRIZANTHA* CV. MARANDU IN A FOREST SOIL IN THE AMAZON REGION

ABSTRACT - The agronomic and economic effectiveness of a commercial source of partially acidulated rock phosphate (PARP), with 46% of the total P_2O_5 soluble in neutral ammonium citrate + water solution, was evaluated during 25 months, using single superphosphate (SSP) as the standard fertilizer, on a forest soil. The forage grass *Brachiaria brizantha* cv. Marandu was grown as the test crop. Both fertilizers were applied at the rates of 50 and 100 kg/ha of the total P_2O_5 , and compared with a check (0 P_2O_5). The average Parp agronomic efficiency, calculated from the total P uptake was of 64%, and no increase was observed between the first and the last observation periods. The PARP proved to be less economical than the SSP to produce the same forage yields. The total P_2O_5 content of PARP should not be considered when estimating *B. brizantha* pasture fertilization, being the soluble P_2O_5 content a more appropriate basis.

Index terms: phosphorus, commercial phosphate, granulated phosphate, pasture, soluble phosphate in neutral ammonium citrate.

INTRODUÇÃO

O P tem sido apontado como o nutriente mais limitante para as pastagens cultivadas da

Amazônia (Serrão et al. 1982, Dias Filho & Serrão 1987). Muito embora o superfosfato simples (SFS) seja a fonte fosfatada mais empregada na região, nos últimos anos tem havido um crescente interesse pela utilização de fosfato parcialmente acidulado (FPA) em pastagens (Dias Filho et al. 1989).

A produção de FPA faz parte de uma rota opcional de aproveitamento de fosfato de rocha que, para a indústria de fertilizantes, traz

¹ Aceito para publicação em 18 de julho de 1991.

² Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Caixa Postal 48, CEP 66001 Belém, PA. Endereço atual: Corson Hall, Cornell University, Ithaca, N.Y. 14853, U.S.A.

³ Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/CPATU.

vantagens em relação à obtenção do SFS, uma vez que são toleradas rochas fosfáticas menos concentradas, com alto teor de impurezas, e o consumo específico de ácido sulfúrico é menor (Giulietti et al. 1987, Goedert & Lopes 1987).

A eficiência agrônômica do FPA está relacionada a diversos fatores, tais como: o grau de acidulação, a planta, o solo e a reatividade da rocha fosfática (Stephen & Condron 1986, Rajan 1987, Goedert et al. 1990). No Brasil, testes agrônômicos do FPA em pastagens têm-se restringido principalmente a solos de cerrado, sendo os resultados ainda pouco conclusivos (Goedert & Lopes 1987, Soares & Macedo 1988).

Este trabalho teve como objetivo avaliar, em condições de campo e a médio prazo, as eficiências agrônômica e econômica de um FPA comercial, em relação ao SFS em solo de floresta, cultivado com capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), na Amazônia brasileira.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas, durante 25 meses (fevereiro de 1988 a março de 1990), com o capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu), as eficiências agrônômica e econômica de um fosfato parcialmente acidulado (FPA) com ácido sulfúrico, em comparação ao superfosfato simples (SFS). Ambas as fontes eram granuladas e de origem comercial. As características analíticas relativas ao conteúdo e solubilidade relativa de P_2O_5 , das fontes fosfatadas são apresentadas na Tabela 1.

TABELA 1. Teor de solubilidade relativa (% de P_2O_5 , total) de P_2O_5 , de superfosfato simples (SFS) e fosfato parcialmente acidulado (FPA) sob diferentes métodos.

Fonte	Total	Solubilidade relativa		
		CNA + Água	Ác. Cítrico	Água
		----- % -----		
SFS	20	95	90	90
FPA	26	46	38	31

CNA = Citrato neutro de amônio.

A área experimental era uma pastagem degradada de capim-colônião (*Panicum maximum*), localizada em Paragominas (3°05'S), PA, com cerca de vinte anos de idade, a qual foi queimada e gradeada um ano antes do início do ensaio. O solo é um Latossolo Amarelo textura muito argilosa com 6,4 de pH (H_2O), 0,0 meq/100 g de Al, 5,8 meq/100 g de Ca + Mg, 0,23 meq/100 g de K e 3 ppm de P (Mehlich). O tipo climático é AwI da classificação de Köppen.

Antes da semeadura, o solo sofreu uma gradagem, sendo o capim-marandu semeado em sulcos a espaços de 0,5 m em parcelas de 9 m². Foram utilizadas duas doses de P: 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 , total, aplicadas no momento da semeadura, no mesmo sulco das sementes. Foi testado também um tratamento sem P (testemunha) para cada fonte fosfatada.

Treze meses após a semeadura e adubação fosfatada (março de 1989), todas as parcelas receberam adubação básica equivalente a 40 kg de N/ha (uréia) e 60 kg de K_2O /ha (cloreto de potássio), após corte de uniformização.

Periodicamente, até 25 meses após a semeadura, uma área útil de 1,5 m² por parcela era cortada e colhida para cálculo da produção de matéria seca (MS) e da extração de P (% de P na forragem x produção de MS).

A eficiência agrônômica relativa (EAR) do FPA foi calculada com base ao P absorvido, através da seguinte fórmula:

$$EAR (\%) = \frac{P \text{ absorvido [FPA - Testemunha]}}{P \text{ absorvido [SFS - Testemunha]}} \times 100$$

Estimou-se a eficiência econômica em função da comparação, em termos de preços, das quantidades de adubo fosfatado necessárias para se alcançarem produções de MS equivalentes entre o SFS e o FPA, com base nas equações de regressão lineares obtidas para o período total de avaliação.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso, com quatro repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produção de matéria seca (MS) e absorção de P

Durante a fase de estabelecimento (até 146 dias após a semeadura), houve nítida superioridade agrônômica e econômica do SFS sobre

o FPA, conforme já previamente descrito por Dias Filho et al. (1989).

Não obstante a maior eficiência do SFS, observou-se um imediato efeito do FPA no capim-marandu, conforme evidenciado nas avaliações a curto prazo feitas na altura (Fig. 1) e na produção de MS (Fig. 2). Outros estudos, como por exemplo, o de Rajan

(1987), também têm descrito comportamento semelhante do FPA.

As produções de MS do primeiro (Cortes 1-3) e do segundo (Cortes 4-7) anos de avaliação foram maiores ($P < 0,05$) para o SFS, tendo a absorção de P, para ambas as fontes, mostrado uma tendência semelhante à produção de MS (Fig. 3 e 4), o que sugere que o desenvolvimento do capim-marandu foi, em grande parte, função da disponibilidade do fosfato proveniente dos fertilizantes aplicados. A importância da adubação fosfatada para o estabelecimento e produção de gramíneas forrageiras em áreas de floresta na Amazônia também já foi previamente discutida em Dias Filho (1987) e Serrão et al. (1982).

A produção de MS medida na observação feita durante o período chuvoso do início do terceiro ano de avaliação (Corte 8, 25 meses após a adubação fosfatada) é mostrada na Fig. 5. Verifica-se uma tendência de nivelamento entre as duas fontes e os três níveis de P_2O_5 estudados, condição confirmada pela análise estatística, que não detectou diferenças ($P > 0,05$) entre as produções de MS.

A absorção de P, no entanto, ainda mostrou diferenças ($P < 0,05$) entre níveis de P_2O_5 total (Fig. 6), o que indica que o nivelamento da produção de MS observado deveu-se, provavelmente, à baixa disponibilidade de outros nutrientes no solo das parcelas adubadas com P, em função das colheitas de maiores produções de forragem.

Eficiência agronômica

Durante o primeiro ano de avaliação, a EAR do FPA foi de 56% e 64%, respectivamente, para os níveis de 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 total. No segundo ano, estes valores apresentaram uma tendência de aumento, passando a ser, respectivamente, 68% e 75% para 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 total.

Na avaliação relativa ao início do terceiro ano, a EAR do FPA decresceu, em relação ao ano anterior, para 46% e 60%, respectivamente, para os níveis de 50 e 100 kg/ha de P_2O_5 total. Comparando-se com os valores

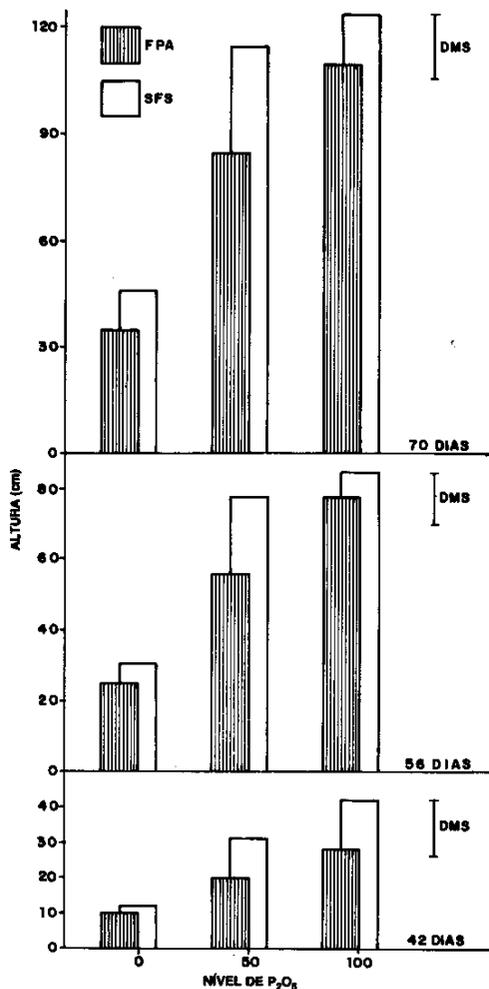


FIG. 1. Altura de capim-marandu em três idades após a semeadura sob o efeito de fosfato parcialmente acidulado (FPA) e superfosfato simples (SFS) em três níveis de P_2O_5 /ha.

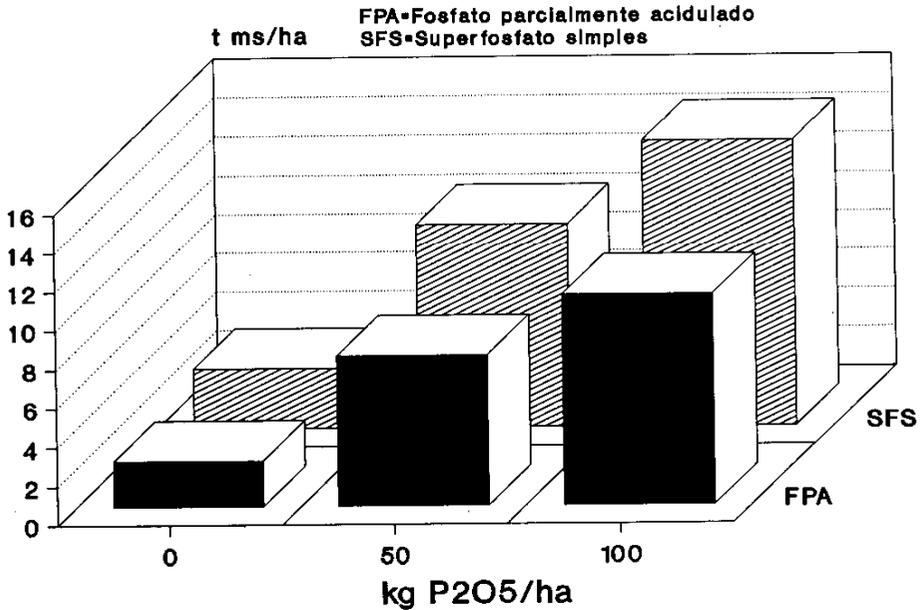


FIG. 2. Produção de matéria seca (MS) de capim-marandu sob duas fontes fosfatadas, três meses após a adubação.

anteriores, observa-se que não houve manutenção na tendência de aumento ao longo do tempo, sugerindo que a fração não-solúvel do FPA (Tabela 1) ainda não estava sendo eficientemente aproveitada pelo capim-marandu.

É possível que a condição de alto pH do solo da área tenha contribuído para esta resposta, uma vez que não facilitaria a dissolução do fosfato de rocha contido no FPA (Stephen & Condrón 1986). No entanto, Goedert et al. (1988 e 1990), em solo de cerrado com pH (H₂O) de 4,7, também encontraram que praticamente não houve aproveitamento pela cultura da soja da fração de P₂O₅ não solúvel contida em alguns FPAs, durante um período de quatro anos.

Assim, em termos agronômicos, pode-se inferir que, nessas condições, o teor de P₂O₅ total de FPA não é um índice adequado para o

cálculo da adubação fosfatada, sendo a sua fração solúvel um parâmetro mais real. Outros estudos também têm chegado a conclusões semelhantes (Stephen & Condrón 1986, Goedert & Sousa 1986, Friesen et al. 1987).

Eficiência econômica

Com base nas equações de regressão linear obtidas envolvendo a produção total (Cortes 1-8) de MS (y) e o nível de P₂O₅ total aplicado (x): $y = 27.237 + 193,6 x$ ($r^2 = 0,67^{**}$) para o FPA, e $y = 29.338 + 285,2 x$ ($r^2 = 0,87^{**}$) para o SFS, pode-se comparar a eficiência do FPA e do SFS para obterem produções idênticas de MS (Barrow 1985).

Assim, em função dos preços vigentes no comércio de Belém, PA, em agosto de 1990, de US\$ 434.17 e US\$ 364.14, respectivamente, por tonelada de SFS e de FPA, encontrou-

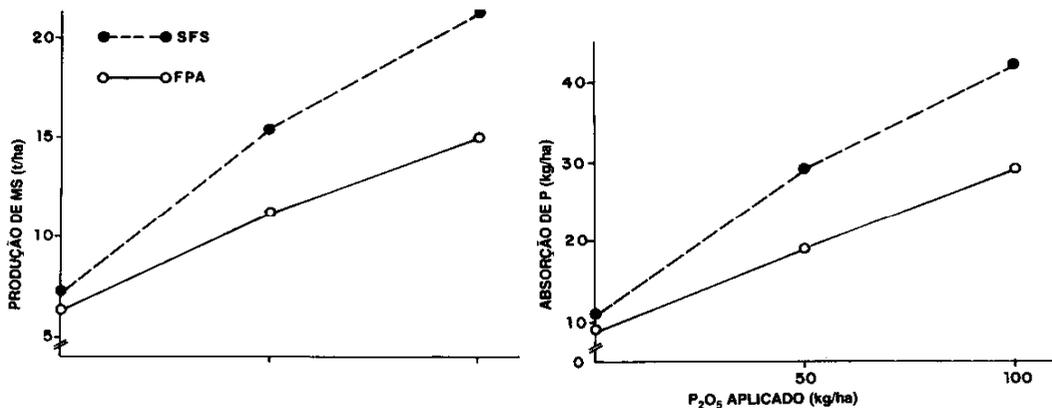


FIG. 3. Produção de matéria seca (MS) e absorção e P em capim-marandu sob duas fontes fosfatadas; ano 1. DMS para a produção de MS = 5,25 t/ha. SFS = Superfosfato simples, FPA = Fosfato parcialmente acidulado.

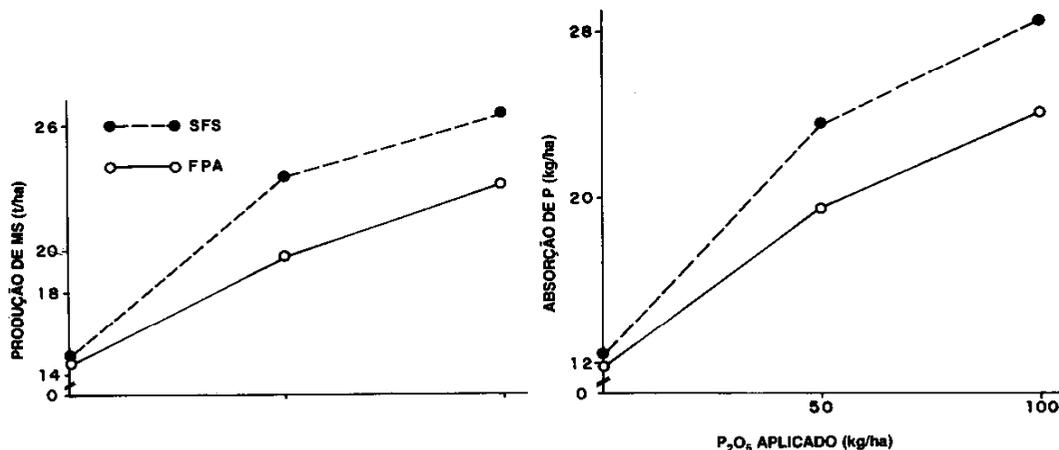


FIG. 4. Produção de matéria seca (MS) e absorção de P em capim-marandu sob duas fontes fosfatadas; ano 2. DMS para a produção de MS = 2,20 t/ha. SFS = Superfosfato simples, FPA = Fosfato parcialmente acidulado.

se que, para produzir, por exemplo, 40 t de MS/ha, seriam necessários 187,05 kg de SFS (37,41 kg/ha de P₂O₅ total), ou 253,04 kg de FPA (66,79 kg/ha de P₂O₅ total). Em termos econômicos, apenas incluindo o preço do adubo fosfatado, isto significaria investimentos de US\$ 81.21 ou US\$ 92.14 por hectare, respectivamente, para o SFS ou FPA. Para maiores

produções de MS, a diferença econômica em favor do SFS seria ampliada.

Caso fossem incluídos os custos de transporte e aplicação, seria reduzida ainda mais a eficiência econômica do FPA, uma vez que requereria maiores volumes de adubo para alcançar produções equivalentes às do SFS.

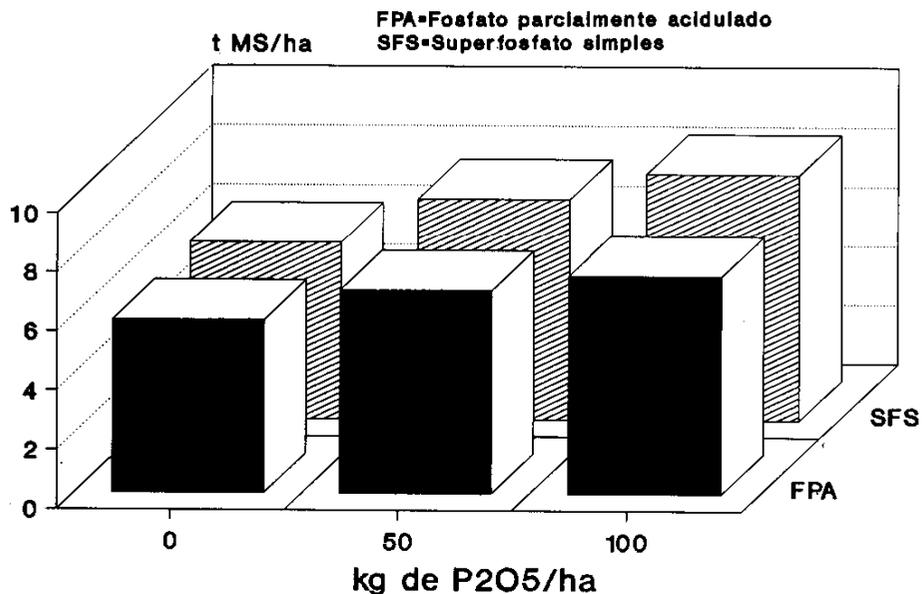


FIG. 5. Produção de matéria seca (MS) de capim-marandu sob duas fontes fosfatadas 25 meses após a adubação.

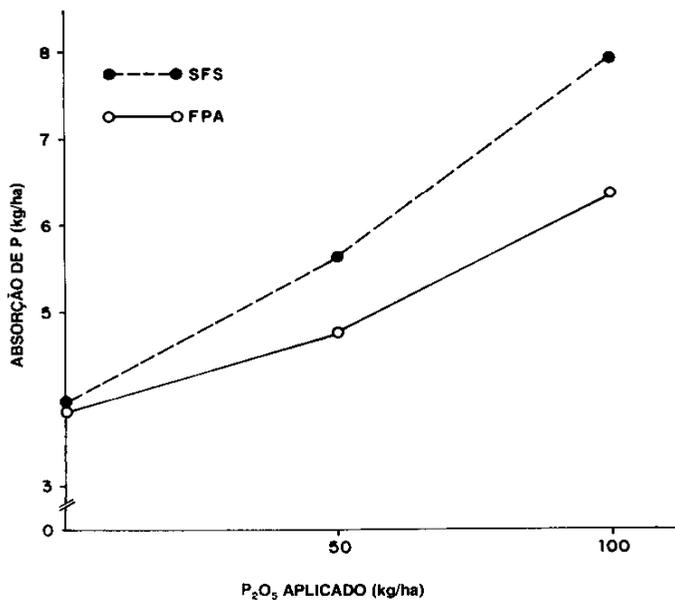


FIG. 6. Absorção de P em capim-marandu sob duas fontes fosfatadas 25 meses após a adubação. DMS = 1,93 kg/ha.

CONCLUSÕES

1. O FPA apresentou eficiência agrônômica e econômica inferiores às do SFS, não melhorando com o tempo.

2. O teor de P_2O_5 , total do FPA mostrou ser um índice não apropriado para o cálculo da adubação da pastagem de capim-marandu.

3. Nas condições em que foi cultivado, o capim-marandu mostrou ser bastante responsivo à adubação fosfatada, sendo o seu estabelecimento e subsequente produção de MS muito melhoradas com o emprego dessa adubação.

REFERÊNCIAS

- BARROW, N.J. Comparing the effectiveness of fertilizers. *Fertilizer Research*, v.8, p.85-90, 1985.
- DIAS FILHO, M.B. **Espécies forrageiras e estabelecimento de pastagens na Amazônia.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987. 49p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 46).
- DIAS FILHO, M.B.; SERRÃO, E.A.S. **Limitações de fertilidade do solo na recuperação de pastagens degradadas de capim colômbio (*Panicum maximum* Jacq.) em Paragominas, na Amazônia Oriental.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1987. 19p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 87).
- DIAS FILHO, M.B.; SIMÃO NETO, M.; SERRÃO, E.A.S. Utilización de roca fosfórica parcialmente acidulada y superfosfato simple en el establecimiento de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Pasturas Tropicales*, v.11, n.2, p.25-28, 1989.
- FRIESEN, D.K.; SALE, P.W.G.; BLAIR, G.J. Long-term greenhouse evolution of partially acidulated phosphate rock fertilizers. *Fertilizer Research*, v.13, p.31-44, 1987.
- GIULIETTI, M.; WEYNE, G.R.; GUARDANI, R.; CALMANOVICI, C.E. Rotas opcionais visando o aproveitamento de fosfatos brasileiros na produção de fertilizantes. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO. 1987, São Paulo. *Anais...* São Paulo: IBRAFOS, 1987. p.281-322.
- GOEDERT, W.J.; LOPES, A.S. Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados para culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento. In: SEMINÁRIO SOBRE RECUPERAÇÃO DE FÓSFORO, 1987., São Paulo. *Anais...* São Paulo: IBRAFOS, 1987. p.24-49.
- GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. de. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais, fosfato parcialmente acidulado e termofosfato em solo de cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.4, p.521-530, 1990.
- GOEDERT, W.J.; REIN, T.A.; SOUSA, D.M.G. de. Eficiência agrônômica de um fosfato parcialmente acidulado em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.12, p.179-183, 1988.
- GOEDERT, W.J.; SOUSA, D.M.G. Avaliação preliminar da eficiência de fosfatos com acidulação parcial. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.10, p.75-80, 1986.
- RAJAN, S.S.S. Partially acidulated rock as fertilizer and dissolution in soil of the residual rock phosphate. *New Zeland Journal of Experimental Agriculture*, v.15, p.177-184, 1987.
- SERRÃO, E.A.S.; FALESI, I.C.; VEIGA, J.B.; TEIXEIRA NETO, J.F. Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta da Amazônia brasileira. In: SANCHEZ, P.A.; TERGAS, L.A.; SERRÃO, E.A.S. (Eds.). **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos.** Brasília: Editerra, 1982. p.219-251.
- SOARES, W.V.; MACEDO, M.C. Eficiência agrônômica de fontes de fósforo para forrageiras em solos ácidos. In: GOEDERT, W.J.; DIAS FILHO, F.A. **Relatório Biennal 1986/1987.** [S.l.]: EMBRAPA/PETROFERTIL, 1988. p.57-64.
- STEPHEN, R.C.; CONDRON, L.M. An assessment of the agronomic efficiency of partially acidulated phosphate rock fertilizers. *Fertilizer Research*, v.10, p.269-282, 1986.