

## ADUBAÇÃO FOSFATADA E NÍVEL CRÍTICO DE P PARA MILHO EM LATOSSOLO AMARELO MUITO ARGILOSO DE PARAGOMINAS<sup>1</sup>

PHOSPHORUS FERTILIZATION AND P CRITICAL LEVEL FOR CORN IN A CLAYEY OXISOL OF PARAGOMINAS - PARÁ

CRAVO, M. S.<sup>1</sup> & SMYTH, T. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Amazônia Oriental, Caixa Postal, 48, 66095-100 Belém, PA [mscravo@gmail.com](mailto:mscravo@gmail.com)

<sup>2</sup>North Carolina State University (USA), [jot\\_smyth@ncsu.edu](mailto:jot_smyth@ncsu.edu)

### Resumo

A região de Paragominas no Estado do Pará vem se tornando um importante pólo produtor de grãos, em áreas alteradas de florestas, anteriormente utilizadas para extração de madeira e para pastagem. Atualmente existe em torno de 500 mil hectares de pastagens degradadas passíveis de utilização para produção contínua de grãos ou na rotação lavoura – pastagem. Nesse pólo, uma das culturas de maior expressão econômica é o milho, cujas áreas de plantio ocupam grandes extensões. Os solos predominantes são Latossolos Amarelos muito argilosos com boas características físicas porém, com sérias limitações nutricionais, especialmente de fósforo. Devido a isso, este trabalho teve como objetivo definir curva de resposta do milho ao P e o nível crítico de P para a cultura do milho nesse solo. Nos anos de 2005 a 2007 foram conduzidos experimentos, utilizando-se cinco doses de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha<sup>-1</sup>), sendo complementados quando necessários, distribuídas em blocos ao acaso, com 4 repetições. Foram utilizados híbridos e variedades de polinização aberta. Os híbridos se mostram sempre mais produtivos do que as variedades. O nível crítico de P no solo foi definido em 7 mg.kg<sup>-1</sup>, utilizando-se o extrator Mehlich 1 e, o coeficiente tampão do solo para fósforo foi de 0,186. Os dados obtidos neste trabalho demonstram que a carência de P no solo é um dos fatores mais limitantes para o cultivo de milho na região e a definição do nível crítico e o coeficiente tampão de P nesse solo são parâmetros essenciais para uma recomendação adequada de fósforo para a cultura do milho.

### Abstract

The region of Paragominas in the State of Pará has become an important grain production center on land previously cleared from forest for timber and establishment of pastures. Currently, there are approximately 500.000 ha of degraded pastures that can be used for continuous grain crop production or a crop-improved pasture rotation. Corn is a primary grain crop and the predominant soils are clayey Oxisols with good physical properties, but with P as one of the major nutrient constraints. The objective of this study was to characterize the corn yield response to P fertilization and define the critical soil test P level in these soils. Replicated experiments with five rates of broadcast P (0, 50, 100, 150 e 200 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) in randomized complete blocks and complemented with additional P fertilizer as needed, were conducted during cropping seasons of 2005-2007. Both corn hybrids and open-pollinated varieties were tested. Hybrids were more productive than varieties in all seasons. The Mehlich-1 critical soil P value across all crops was 7 mg.kg<sup>-1</sup> and the soil test P buffer coefficient ( kg.ha<sup>-1</sup> increase in soil test P / kg of fresh applied P ha<sup>-1</sup>) as 0.186. Yield data highlight P deficiency as one of the main limitations to corn production in this region. Values for the critical P level and the P buffer coefficient of these soils are essential parameters for appropriate recommendations of P fertilizer for corn in the region.

### Introdução

A partir de 1994, o governo do Estado do Pará, vem incentivando programas que visam a produção de grãos (milho, arroz e soja) em áreas alteradas de florestas, nas regiões da rodovia Belém-Brasília e do Médio Amazonas (Santarém). Para tanto, foram criados alguns Pólos de Produção de Grãos, dentre eles o de Paragominas, localizado às margens da rodovia Belém-Brasília envolvendo os municípios em seu entorno, ocupando uma área em torno de

<sup>1</sup> Apoio Financeiro: Embrapa Amazônia Oriental, CNPq – Projeto PPG7 - Processo 500189/2006-4, North Carolina State University (USA) e Prefeitura Municipal de Paragominas.

5,37 milhões de hectares. Essas áreas, nos últimos 35 anos, vinham sendo utilizadas para exploração madeireira, pastagens e criatório de gado de corte (Andrade et al., 2003). Atualmente existem mais de 500 mil hectares de pastagens degradadas, passíveis de uso para produção contínua de grãos ou com a rotação lavoura – pastagem. Nesse pólo, uma das culturas de maior expressão econômica é o milho, cujas áreas de plantio ocupam grandes extensões, com produtividade média de grãos acima de  $5 \text{ t ha}^{-1}$  (Andrade et al., 2003).

Rodrigues et al., (2005) realizaram levantamentos de solos na região apontando os Latossolos, com textura variando de média a muito argilosa, como os solos que ocupam mais de 90% da área do município. Esses solos, no que pese apresentarem excelentes características físicas e ocorrerem em relevo suave ondulado, apresentam sérias limitações químicas ao uso agrícola, devendo receber adubação adequada e calagem para serem introduzidos ao processo produtivo (Rodrigues et al., 2005; Cravo et al., 2006). No levantamento de solo realizado na região, os teores de fósforo disponível variam de 1 a  $5 \text{ mg.dm}^{-3}$ , que são considerados limitantes para culturas como o milho (CANTALRELLA, 1993; CRAVO & SMYTH, 1997; RIBEIRO et al., 1999, CRAVO et al., 2007a)

Dada a importância que a cultura do milho vem assumindo na região e a carência de fósforo desses solos, este trabalho teve como objetivos principais definir a curva de resposta e o nível crítico de P para milho, para fins de orientação de adubação dessa cultura, em Latossolo Amarelo muito argiloso que ocorre, predominantemente, no pólo de grãos de Paragominas.

### Material e Métodos

A área experimental foi utilizada, por vários anos, com pastagem e encontrava-se recoberta por vegetação rasteira, característica de pastos em avançado estágio de degradação. O solo é um Latossolo Amarelo muito argiloso (Rodrigues et al., 2005), cujas características iniciais (0 – 20cm) eram as seguintes: pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ): 5,6; M.O:  $21,4 \text{ g.kg}^{-1}$ ; P:  $2 \text{ mg.dm}^{-3}$ ; K:  $127 \text{ mg.dm}^{-3}$ ; Ca:  $3,6 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ; Mg:  $1,3 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  e Al:  $0,1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ . Em 2005 foi instalado um experimento para definir a curva de resposta do milho ao P, onde havia sido feito um cultivo de feijão-caupi em 2004. Antes do plantio do feijão-caupi a área recebeu uma aplicação uniforme de  $120 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $30 \text{ kg.ha}^{-1}$  de FTE BR 12. Recebeu também os tratamentos de P constituídos de cinco doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  – (0, 50, 100, 150 e  $200 \text{ kg.ha}^{-1}$ ), distribuídas em blocos ao acaso com 4 repetições. O milho em 2005 foi plantado no sistema de parcelas subdivididas onde, nas parcelas, foram testados os efeitos residuais das doses de P aplicadas para o feijão-caupi e, nas subparcelas, duas cultivares de milho: Pioneer 30F90 e a BR 106. Em 2006 o experimento foi instalado em uma área que recebeu as mesmas doses de fósforo em 2005 (0, 50, 100, 150 e  $200 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), mas foi utilizada para um plantio de soja em 2005, tendo sido plantada a cultivar de milho BR 3003. Antes desse plantio, devidos os teores de P estarem muito baixos, os tratamentos receberam uma dose complementar de 15, 30, 45 e  $60 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , onde no cultivo da soja haviam sido aplicadas as doses de 50, 100, 150 e  $200 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente. Em 2007 foi plantada a cultivar de milho BRS 1030 e o plantio foi feito na área inicial, que foi plantada com soja em 2006 e que recebeu uma aplicação complementar de P nas doses de 25, 50, 75 e  $100 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , nas parcelas que receberam, em 2004, 0, 50, 100, 150 e  $200 \text{ kg.ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , respectivamente. Portanto, o milho foi sempre plantado aproveitando o efeito residual de uma cultura anterior. Em todos os cultivos de milho foram feitas adubações complementares uniformes de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N e  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

A fonte de P utilizada foi o superfosfato triplo, com as doses sendo aplicadas a lanço e incorporadas a 15 cm de profundidade. O espaçamento utilizado foi de 80 cm entre linhas, com 4 a 6 plantas por metro linear, com uma densidade aproximada de  $60.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ . As parcelas tinham as dimensões de 5,0 m x 8,0 m e as subparcelas 2,5 m x 8,0 m. A umidade dos grãos foi ajustada para 13%, para fins de cálculos de produtividade. Foi realizada a amostragem de solo no período de floração média das plantas, retirando-se 10 amostras simples por parcela para formar uma amostra composta. As análises de solo foram feitas nos laboratórios da Embrapa em Belém, conforme procedimentos adotados por Embrapa (1997). As análises estatísticas foram realizadas seguindo-se os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS INSTITUTE, 1985).

### Resultados e Discussão

Os resultados de produção de grãos de milho encontram-se na Figura 1. Observa-se que em 2005 a produtividade do híbrido foi superior à da variedade BR 106, para qualquer dose de

fósforo aplicada. O híbrido, além de ser mais produtivo, seu rendimento máximo de grãos foi obtido com uma dose mais baixa de  $P_2O_5$ , do que a variedade.

Em 2006, embora tenha sido utilizado outro híbrido, a produtividade de grãos foi bem inferior às alcançadas em 2005 (Figura 1), com o máximo tendo ocorrido com uma dose de  $P_2O_5$  próxima de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Já em 2007, a resposta em produção foi linear.

É importante considerar que, para o cultivo de 2005, o fósforo só foi aplicado para o feijão-caupi em 2004, com o milho aproveitando somente o resíduo dessa adubação, indicando que ainda havia P suficiente no solo para um segundo cultivo.

Normalmente os agricultores fazem a aplicação de uma dose fixa de determinada fórmula fertilizante, a cada ano, sem realizar análise de solo, o que leva ao acúmulo de P no solo, ao desperdício de fertilizante fosfatado, bem como ao aumento dos custos de produção. Existem situações em que os resultados de análise de solo de algumas fazendas, revelam teores de P superiores a  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  e o fazendeiro continua aplicando fertilizantes contendo fósforo.

A análise de regressão dos dados, relacionando o P extraído do solo com Mehlich 1, com o rendimento relativo de grãos de todos os cultivos (Figura 2), revelou um nível crítico de  $7 \text{ mg.dm}^{-3}$  de P no solo para o milho. Esse valor está próximo do considerado adequado para solos argilosos de Minas Gerais (RIBEIRO et al., 1999) e de Manaus (SMYTH & CRAVO, 1990) e, dentro da faixa adequada de P para milho em solos argilosos do Estado do Pará (CRAVO et al., 2007b). Ressalte-se que o solo de Manaus também é um Latossolo Amarelo muito argiloso, muito semelhante ao que ocorre em Paragominas, onde foi realizada a presente pesquisa.

A Figura 3 mostra a relação entre o rendimento produtivo de milho com a absorção de P pelo milho. Observa-se que embora tenham sido utilizadas cultivares de milho diferentes e os cultivos tenham sido feitos em três anos, todos os dados se distribuem ao longo de uma linha reta, mostrando um estreito relacionamento entre a produção de grãos de milho e a absorção de P. Isso indica que a carência de P nesse solo limita fortemente a produção de milho.

Com base nas doses de fósforo aplicadas e nos teores de P extraídos com Mehlich 1, foi possível definir o coeficiente tampão de fósforo do Latossolo Amarelo da área de estudo (Figura 4). O valor do coeficiente tampão de 0,186 indica que, para cada quilograma de P aplicado por hectare, há um aumento de  $0,186 \text{ kg ha}^{-1}$  de P extraído com Mehlich 1. Esse coeficiente é um componente muito importante neste trabalho de calibração, para fazer recomendações de adubação fosfatada para diversas culturas, dentre elas o milho.

Como exemplo, no solo deste experimento o teor inicial de P era de  $2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , na profundidade de amostragem de 15 cm. Assim, multiplicando esse teor por 1,5 ter-se-ia  $3 \text{ kg.ha}^{-1}$  de P, extraído pelo extrator Mehlich-1. Como o nível crítico definido nesse solo para o milho foi de  $7 \text{ mg.kg}^{-1}$  de P, multiplicando-se pelo fator 1,5, corresponderia a  $10,5 \text{ kg.ha}^{-1}$  de P extraído com Mehlich-1, o que representa a exigência da planta. Com esses dados transformados para  $\text{kg.ha}^{-1}$  de P e com o coeficiente tampão do solo de 0,186, pode-se calcular a adubação fosfatada adequada para o milho pela seguinte equação:

P recomendado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) = (Nível Crítico de P para milho – P atual no solo) / Coef. Tampão.

P recomendado ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) =  $(10,5 - 3) / 0,186 = 40,23 \text{ kg ha}^{-1}$  de P x 2,29  $\cong 92 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ .

## Conclusões

Com base nos resultados obtidos neste trabalho pode-se afirmar que:

- 1) a carência de P é um dos problemas mais limitantes para o cultivo de milho na região de Paragominas, no Pará e que, a correção dessa deficiência, pode tornar os solos dessa região tão produtivos como os de outras partes do Brasil; e,
- 2) o nível crítico e o coeficiente tampão de P nesse solo são parâmetros essenciais para uma recomendação adequada de fósforo para a cultura do milho.

## Referências

- ANDRADE, E. B.; SILVEIRA FILHO, A.; EL-HUSNY, J. C. Programa de pesquisa de grãos para o Estado do Pará. Proposta de projeto apresentada à Embrapa Amazônia Oriental para financiamento pela Secretaria de Estado de Agricultura do Pará, Belém, 2003. snt.
- CANTARELLA, H. Calagem e Adubação do Milho, 1993. In: BÜLL, L.T. & CANTARELLA, H. (Eds.). CULTURA DO MILHO – Fatores que Afetam a Produtividade. Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba – SP, 1993, pg. 147 – 196.
- CRAVO, M. S. & SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. Rev. Bras. de Ci. do Solo, Viçosa, 2:607-616, 1997.

- CRAVO, M. S.; SMYTH, T. J. & SILVEIRA Fo A. Resposta de milho e soja à adubação fosfatada em Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – Pará. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – Fertbio 2006, Bonito – MS, 2006. CD ROM.
- CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. & BRASIL, E. C. (Eds.). Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Pará, Belém - PA, Embrapa Amazônia Oriental, 2007, 262p.
- CRAVO, M. S.; RODRIGUES, J. E. L. F. & VELOSO, C. A. Milho. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. & BRASIL, E. C. (Eds.). Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado do Pará, Capítulo 7, pg. 153 – 155. Belém - PA, Embrapa Amazônia Oriental, 2007, 262p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo, 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (EMBRAPA – CNPS. Documentos. 1).
- RODRIGUES, T. E., SILVA, R. C., SILVA, J.M.L., SANTOS, P.L., VALENTE, M.A., OLIVEIRA Jr., R.C. Caracterização e classificação dos solos do município de Paragominas, Estado do Pará. Embrapa Amazônia Oriental, Belém – Pará, 2005. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos...), no prelo.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAZREZ V., V.H. Recomendações para uso de corretivo e fertilizantes em minas gerais. 5ª. Aproximação. Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais, Viçosa – MG, 1999. 359p.
- SAS Institute, Inc. – SAS User's Guide: Statistics, SAS Inst. Inc., Cary, North Carolina, 1985
- SMYTH, T. J. & CRAVO, M. S. Critical phosphorus levels for corn and cowpea in a Brazilian Amazon Oxisol. Agron. J. 82(2): 309-312, 1990.
- SMYTH, T. J. & CRAVO, M. S. Critical phosphorus levels for corn and cowpea in a Brazilian Amazon Oxisol. Agron. J. 82(2): 309-312, 1990.

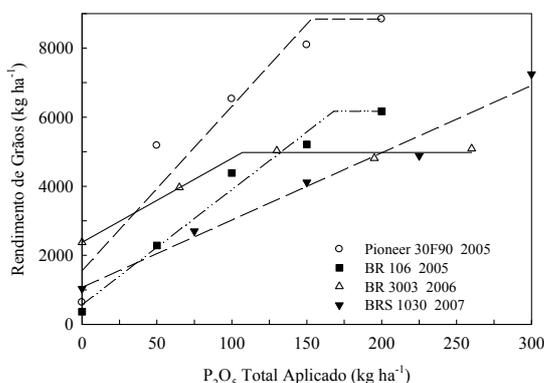


Figura 1. Produtividade de milho, em função do fósforo aplicado em Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – Pará

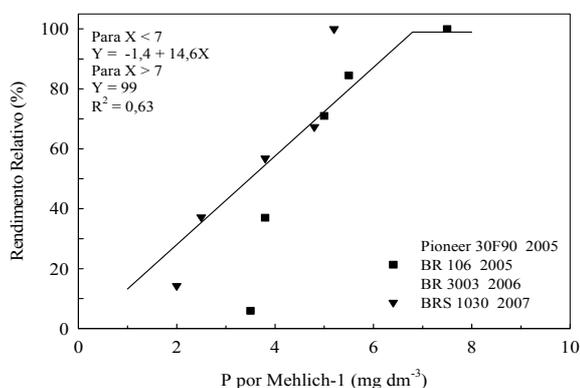


Figura 2. Nível crítico de P para milho em um Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – Pará.

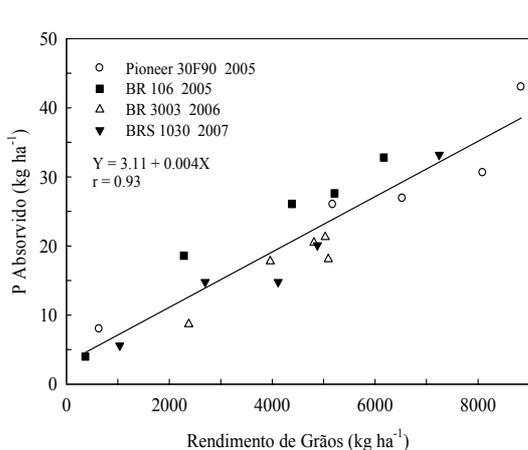


Figura 3. Rendimento de grãos de milho e fósforo absorvido em Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – Pará

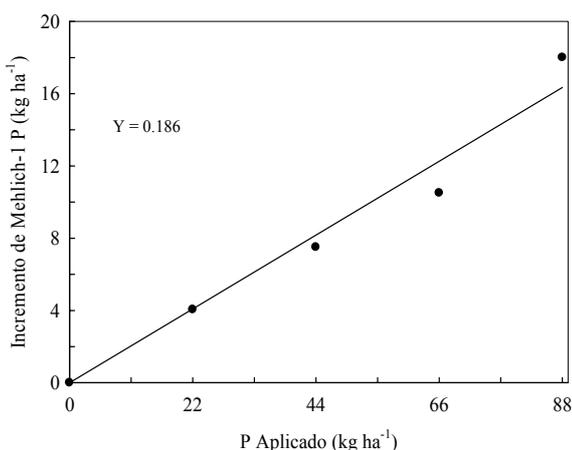


Figura 4. Coeficiente tampão de P de um Latossolo Amarelo muito argiloso de Paragominas – Pará