

**Manejo de adubação fosfatada no cultivo do milho sob sistema plantio direto em diferentes densidades populacionais no Oeste do Pará****Management of phosphate fertilization in corn cultivation under no-tillage system in different population densities in Western Pará**

DOI:10.34117/bjdv6n10-616

Recebimento dos originais:01/10/2020

Aceitação para publicação:28/10/2020

**Carlos Alberto Costa Veloso**

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: carlos.veloso@embrapa.br

**Eduardo Jorge Maklouf Carvalho**

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: eduardo.maklouf@embrapa.br

**Arystides Resende Silva**

Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: arystides.silva@embrapa.br

**Austrelino Silveira Filho**

Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

E-mail: austrelino.silveira@embrapa.br

**RESUMO**

Na cultura do milho (*Zea mays* L.), um dos mais importantes cereais cultivados e comercializados no mundo, o suprimento inadequado de fósforo (P) é considerado um dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos. Também a densidade inadequada de plantas é uma das causas dos baixos rendimentos das lavouras de milho no Brasil. Entre os diversos fatores condicionantes da produtividade, o uso de cultivares de alto valor agrônômico, o emprego de fertilizantes e populações adequadas de plantas, mostram-se capazes de proporcionar altos rendimentos. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência da adubação fosfatada em relação à população de plantas na produtividade de plantas de milho sob sistema de plantio direto no município de Belterra, no estado do Pará. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Assim, avaliou-se na cultura do milho a influência da densidade populacional e de doses de fósforo na produtividade. O trabalho foi instalado no ano agrícola de 2016/2017 e teve tratamentos representados de quatro doses de fósforo: (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na forma de superfosfato triplo, combinadas com quatro densidades de plantio: 45.000; 55.000; 65.000 e 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O milho responde à densidade, independente da dose de fosforo utilizada, a produtividade mostrou-se superior na população de 55.000 em relação à de 45.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Verificou-se que com o aumento das doses de fósforo, no geral, aumentava o valor da produtividade de milho. Em todas as variáveis estudadas, houve efeito significativo para as doses de P, porém, para a interação modo de aplicação versus doses de fósforo, não verificou-se efeito significativo.

**Palavras-chave:** Zea mays, fertilizante, fósforo, sistema de cultivo.

## **ABSTRACT**

In the culture of corn (*Zea mays* L.), one of the most important cereals cultivated and commercialized in the world, the inadequate supply of phosphorus (P) is considered one of the main limiting factors of grain productivity. Inadequate plant density is also one of the causes of low corn yields in Brazil. Among the several factors that influence productivity, the use of cultivars of high agronomic value, the use of fertilizers and adequate plant populations, are capable of providing high yields. The objective of the present study was to evaluate the efficiency of phosphate fertilization in relation to the population of plants in the productivity of corn plants under no-tillage system in the municipality of Belterra, in the state of Pará. The experimental design used was in randomized blocks, in a scheme factorial 4 x 4, with three repetitions. Thus, the influence of population density and phosphorus doses on productivity in maize was evaluated. The work was installed in the 2016/2017 agricultural year and had treatments represented by four doses of phosphorus: (0; 60; 120 and 180 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) in the form of triple superphosphate, combined with four planting densities: 45,000 ; 55,000; 65,000 and 75,000 plants ha<sup>-1</sup>. Corn responds to density, regardless of the dose of phosphorus used, yield was higher in the population of 55,000 compared to 45,000 plants.ha<sup>-1</sup>. It was found that with increasing phosphorus doses, in general, the value of corn productivity increased. In all variables studied, there was a significant effect for P doses, however, for the interaction between application mode and phosphorus doses, there was no significant effect.

**Keywords:** Zea mays, fertilizer, phosphorus, cultivation system.

## **1 INTRODUÇÃO**

O milho é cultivado em todo o território brasileiro, o que faz com que assuma expressiva importância, tanto pelo volume de produção e extensão da área plantada, como pelo papel socioeconômico que representa, constituindo-se como fonte alternativa da renda para o agricultor. No ano agrícola 2018/19, a área colhida no Brasil foi de 17.495.000 ha e a produção foi de 99.984.000 toneladas, enquanto a expansão da produção de milho no Estado do Pará foram 237.700 hectares de área plantada e produtividade média de 3.055kg/ha (CONAB, 2020).

No Estado do Pará, a maioria dos solos, com predominância de Latossolos e Argissolos, onde se cultiva milho, o fósforo é um dos nutrientes que mais limita a produtividade dessa cultura. Algumas práticas relacionadas à melhor utilização dos nutrientes oriundos da adubação também favorecem maior exploração do solo pelas plantas e vice-versa.

Na cultura do milho (*Zea mays* L.), um dos mais importantes cereais cultivados e comercializados no mundo, o suprimento inadequado de fósforo (P) é considerado um dos principais fatores limitantes da produtividade de grãos (Sousa et al., 2010). Também a densidade inadequada de plantas é uma das causas dos baixos rendimentos das lavouras de milho no Brasil. A obtenção de altos rendimentos, portanto necessária, como forma de aumentar a renda do produtor e, ao mesmo tempo, contribuir para manutenção da oferta ao nível do consumo

Entre os diversos fatores condicionantes da produtividade, o uso de cultivares de alto valor agronômico, o emprego de fertilizantes e populações adequadas de plantas, mostram-se capazes de proporcionar altos rendimentos.

Nesse sentido, o sistema plantio direto com diversificação de espécies e maior produção de palhada, associado a um manejo de solo que favoreça o aprofundamento radicular e o equilíbrio nutricional, constitui importante estratégia para convivência com as inconstâncias climáticas, estabilidade de produção e otimização do retorno aos investimentos na lavoura. Uma grande limitação é que, embora existam alternativas tecnológicas para ganhos de eficiência nos sistemas de produção de grãos no Brasil, ainda são insuficientes os esforços no sentido de se desenvolverem recomendações integradas, envolvendo combinações de espécies vegetais e práticas de manejo agronômico, de modo a demonstrar as vantagens de sistemas intensificados e difundi-los para o universo de produtores.

No Sistema Plantio Direto, a rotação de culturas e a conservação da matéria orgânica influenciam os estoques e padrões de ciclagem de P no solo de modo a melhorar o seu aproveitamento pelas culturas. Silva et al. (2000) verificaram que a estratificação em SPD tem sido comum originada pela deposição superficial de resíduo vegetal de parte aérea, bem como pelo crescimento radicular mais pronunciado em camadas superficiais, inclusive de espécies gramíneas, como o milho (Silva et al., 2000)

A maioria dos estudos com adubação fosfatada, em condições de campo e em solos com alto poder de fixação de P, foi desenvolvida nas regiões Sudeste e Centro-Oeste. Na literatura são raros os estudos, com a cultura do milho, relacionados à adubação fosfatada na região do oeste paraense.

Avanços tecnológicos no cultivo de milho, como a utilização de híbridos de melhor desempenho, alterações em espaçamento e densidade de semeadura, aliados a melhorias na fertilidade do solo e práticas de adubação, vêm proporcionando incrementos significativos em produtividade (Von Pinho et al., 2008).

A produtividade da cultura depende da interação de três componentes: genótipo, fenótipo e a variabilidade de fatores bióticos e abióticos do meio (pragas, doenças, temperatura, umidade relativa, irradiação, disponibilidade hídrica) (Souza & Barbosa, 2015). Os fatores que podem ser alterados visando elevar a produtividade do milho destaca-se a densidade populacional, podendo proporcionar melhor uso do ambiente pelos genótipos atuais (DOURADO NETO et al., 2003).

Desse modo, o objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de quatro níveis de adubação fosfatada associados a quatro densidades de semeadura, sobre a produtividade de um híbrido comercial de milho VT PRO 2, cultivado no Estado do Pará.

**2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento foi instalado no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental no município de Belterra, localizado na mesorregião do Oeste, área considerada representativa para o cultivo de grãos no Estado do Pará. O solo da região foi classificado, no grupo Latossolo Amarelo, textura argilosa, com boas propriedades físicas e média a concentração de alumínio (Rodrigues et al., 1999). As amostras de solo para determinação das análises químicas e físicas foram coletadas antes da instalação dos experimentos na camada de 0 - 20 cm de profundidade e realizadas no laboratório de solos da Embrapa Amazônia Oriental, conforme Embrapa (1997). A análise química revelou: pH (H<sub>2</sub>O) 5,9; MO = 31 g kg<sup>-1</sup>; P = 4,0 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich 1); K = 32 mg dm<sup>-3</sup> ou 0,08 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca = 3,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H + Al = 4,91 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e CTC = 8,89 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>. A análise textural mostrou 25 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa, 15 g kg<sup>-1</sup> de areia fina, 280 g kg<sup>-1</sup> de silte e 680 g kg<sup>-1</sup> de argila.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com três repetições, sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial, 4 x 4, correspondendo a quatro doses de fósforo: (0; 60; 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) na forma de superfosfato triplo, combinadas com quatro densidades de plantio: 45.000; 55.000; 65.000 e 75.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O preparo de área foi constituído de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira com grade aradora e a segunda com grade niveladora, passadas em sentidos transversais.

Para correção da acidez do solo, foi aplicado a lanço e em toda área experimental o equivalente a 1,5 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico (PRNT 90%), estimado com base no critério de elevação da saturação por bases a 60%, de acordo com Raij et al. (1996). O corretivo foi incorporado, por ocasião do preparo de solo, aplicando-se metade, antes da aração e o restante antes da gradagem.

Todas as parcelas receberam o equivalente a 90 kg ha<sup>-1</sup> de N e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O nas formas de ureia e cloreto de potássio, a aplicação foi parcelada em duas vezes, sendo 1/3 na ocasião do plantio e o restante 2/3 em cobertura nas entrelinhas. Utilizou-se a cultivar de milho híbrido VT PRO 2 e espaçamento de 0,80 m, entre linhas. No período de floração, foi coletada 30 folhas opostas e abaixo da espiga retirando-se o terço central, por tratamento, para a determinação dos teores de N, P, K, Na, Ca e Mg. Na colheita foram consideradas as quatro linhas centrais de cada parcela experimental.

Realizou-se a coleta de solo antes da colheita na profundidade de 0-20 cm para determinações de pH (H<sub>2</sub>O), MO, P, K, Ca, Na, Mg e Al. Todas as análises de solo (Embrapa, 1997) e análises de tecido vegetal foram realizadas no Laboratório de Análises de Solos da Embrapa

Amazônia Oriental. Aos 120 dias da semeadura, foi realizada a colheita do milho, obtendo-se os seguintes componentes de produção: massa de palha da espiga, do sabugo, de grãos a 13% de umidade e total de espiga. Os dados foram submetidos à análise de variância e conforme a significância, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade e as doses de fósforo foram submetidas à análise de regressão, através do programa estatístico SISVAR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela-1 apresenta os dados da fertilidade do solo após a correção com a calagem na área experimental, observou-se melhoria na fertilidade do solo em relação à sua condição antes da instalação do experimento. Houve aumento do pH, elevação dos teores de matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio. Essas modificações foram causadas pela calagem e adubação de base realizadas e, também pela adubação nitrogenada efetuada na cultura.

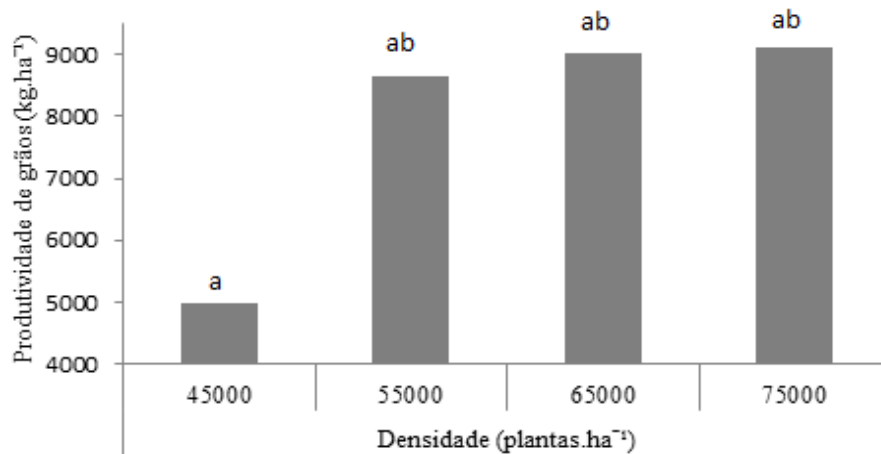
**Tabela 1.** Atributos químicos do solo antes da colheita do milho, em função densidade de plantio.

Densidade de plantio (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Atributos químicos solo								
	N %	MO g/kg	pH água	P	K	Na	Ca	Mg	Al
45.000	0.18 a	57.88 a	5.45 a	7.92 a	84.167 a	5.00 a	3.92 a	1.38 a	0.16 a
55.000	0.17 a	56.41 a	5.71 b	6.00 a	106.83 a	7.17 a	4.71 a	1.70 b	0.12 a
65.000	0.20 a	56.9 a	5.78 b	6.92 a	90.083 a	7.25 a	5.13 a	1.83 b	0.14 a
75.000	0.19 a	57.19 a	5.82 b	8.58 a	96.417 a	5.83 a	5.41 a	1.87 b	0.11 a

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

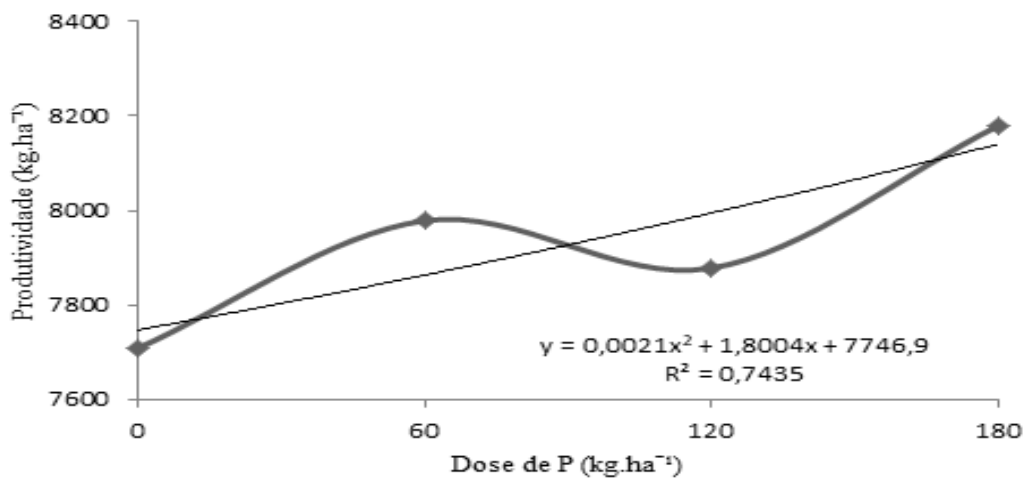
A produtividade de grãos foi influenciada positivamente ( $p < 0,01$ ) pela densidade de plantio. A população recomendada para maximizar o rendimento de grãos de milho está entre 40.000 a 80.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Apesar da melhor média apresentada ser da população de 75.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, não houve diferença estatística entre a população de 55.000, 65.000 e 75.000 plantas. ha<sup>-1</sup> (Figura 1), ou seja, estatisticamente as diferentes populações obtiveram a mesma produtividade, independente do aumento da densidade de plantio. Contudo, apenas a população de 45.000 apresentou diferença estatística na produtividade em relação às demais populações (Figura 1), a produtividade na população de 55.000 plantas.ha<sup>-1</sup> foi de 3641,98 kg.ha<sup>-1</sup> (42,18%) superior a população de 45.000 plantas.ha<sup>-1</sup>.

Figura 1. Produtividade de grãos em função das densidades em Belterra/PA.



Com relação às diferentes doses de fósforo, não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ), a produtividade de milho aumentou de forma polinomial, em relação às doses de P aplicada, assim a máxima produtividade foi obtida com a maior dose de P ( $180 \text{ kg ha}^{-1}$ ) com a qual foram necessário aproximadamente 20 Kg de P para produção de 1000 kg de grãos (Figura 2).

Figura 2. Produtividade de grãos em função das densidades em Belterra/PA



Verificou-se que com o aumento das doses de fósforo, no geral, aumentava o valor da produção de milho. As respostas à aplicação de fósforo em milho têm sido altas e frequentes devido baixo teor desse elemento disponível na maioria dos solos brasileiros, apesar do fósforo total está presente em quantidades razoáveis  $5 \text{ mg.dm}^3$  (Coelho; França, 1995). Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) na interação entre as doses de P e densidades na produção de grãos de milho. Em todas as variáveis estudadas, houve efeito significativo para o modo de aplicação e para as doses

de P, porém, para a interação modo de aplicação versus doses de fósforo, não verificou-se efeito significativo.

Entre os macronutrientes, não se observou influência significativa das doses de  $P_2O_5$  sobre os teores foliares de N, K e Ca (Tabela 2). Por outro lado a densidade de plantio, também não foi observada influência significativa sobre a produtividade. Apenas os teores foliares de Ca apresentaram diferença significativa, com os maiores valores para as densidades de 45.000 e 55.000, respectivamente.

**Tabela 2.** Teores médios de macronutrientes nas folhas do milho na floração, em função da densidade de plantio.

Densidade de plantio (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Teor foliar									
	N		P		K		Ca		Mg	
	-----g.Kg <sup>-1</sup> -----									
45.000	14.52	a	1.07	a	96.86	a	8.22	b	2.45	a
55.000	13.55	a	1.15	a	96.63	a	7.44	b	2.38	a
65.000	13.25	a	1.08	a	113.28	a	6.79	a	2.28	a
75.000	13.29	a	1.10	a	120.79	a	6.53	a	2.18	a

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

#### 4 CONCLUSÃO

Há aumento na produtividade de milho se houver um adensamento de plantas de 45.000 para 55.000 plantas. O milho responde para as doses de P, independente da densidade de plantas. O aumento das doses de fósforo, no geral, aumentava o valor da produção de milho.

Em todas as variáveis estudadas, houve efeito significativo para as doses de fósforo, porém, para a interação modo de aplicação versus doses de fósforo, não verificou-se efeito significativo.



**REFERÊNCIAS**

- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho. Piracicaba: POTAFOS, 1995. 24 p. (POTAFOS. Arquivo do agrônomo, n. 2).
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento de safra brasileiro – grãos: Nono levantamento, junho 2013 – safra 2018/2019.: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: . Acesso em: 24 abr. 2020.
- CONAB. Safra brasileira: grãos, 10º levantamento. Brasília, DF, 2015. Disponível em: Acesso em: 12 jul. 2015.
- DOURADO NETO, D; PALHARES, M; VIEIRA, P. A. et al. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 2:63-77, 2003.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212 p.
- KAPPES, C.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 13, n. 2, p. 201-217, 2014.
- RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (IAC. Boletim técnico, 100).
- RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A.; GAMA, J. R. N. F.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; SANTOS, P. L. dos; SILVA, J. L. da. Zoneamento agroecológico do município de Paragominas, Estado do Pará. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 64 p.
- SILVA, V.R.; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular de milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:191-199, 2000.
- SOUZA, G. M.; BARBOSA, A. M. Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante. *Visão agrícola*, n. 13, p. 30-34, jul. 2015.
- SOUSA, D.M.G. de; REIN, T.A.; GOEDERT, W.J.; NUNES, R. de S. Fósforo. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.). **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. v.2, p.67-134.
- VON PINHO, R. G.; GROSS, M. R.; STEOLA, A. G.; MENDES, M. Adubação nitrogenada, densidade e espaçamento de híbridos de milho em sistema plantio na região sudeste de Tocantins. *Bragantia*, v. 67, p. 733-739, 2008.