

# **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 82

ISSN 1983-0483  
Dezembro, 2012

## **Produtividade do Milho no Oeste do Pará em Resposta ao Manejo da Adubação Potássica**



ISSN 1983-0483

Dezembro, 2012

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Amazônia Oriental  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 82***

## **Produtividade do Milho no Oeste do Pará em Resposta ao Manejo da Adubação Potássica**

*Carlos Alberto Costa Veloso  
Alysson Roberto Baizi e Silva  
Vinícius Ide Franzini  
Arystides Resende Silva*

Embrapa Amazônia Oriental  
Belém, PA  
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Amazônia Oriental**

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n.  
Caixa Postal 48. CEP 66095-100 - Belém, PA.  
Fone: (91) 3204-1000  
Fax: (91) 3276-9845  
www.cpatu.embrapa.br  
cpatu.sac@embrapa.br

**Comitê Local de Publicação**

Presidente: *Michell Olívio Xavier da Costa*  
Secretário-Executivo: *Moacyr B. Dias-Filho*  
Membros: *Orlando dos Santos Watrin*  
*Márcia Mascarenhas Grise*  
*José Edmar Urano de Carvalho*  
*Regina Alves Rodrigues*  
*Rosana Cavalcante de Oliveira*

Revisão técnica:

*Adilson Oliveira Junior* – Embrapa Soja  
*Isabelle Pereira Andrade* – Universidade Federal Rural da Amazônia  
*Maria Elena Almeida Ivanoff* – Centro Profissional Prof. Antônio de  
Pinho Lima

Supervisão editorial: *Luciane Chedid Melo Borges*  
Revisão de texto: *Narjara de Fátima Galiza da Silva Pastana*  
Normalização bibliográfica: *Andrea Liliâne Pereira da Silva*  
Editoração eletrônica: *Euclides Pereira dos Santos Filho*  
Foto da capa: *Carlos Alberto Costa Veloso*

**1ª edição**

Versão eletrônica (2012)

**Todos os direitos reservados**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Amazônia Oriental

---

Produtividade do milho no Oeste do Pará em resposta ao manejo da adubação potássica / Carlos Alberto Costa Veloso ...[et al.]  
– Belém, PA : Embrapa Amazônia Oriental, 2012.  
16 p. : il. ; 14,8 cm x 21 cm. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Amazônia Oriental, ISSN 1983-0483; 82).

1. Milho. 2. Adubação. 3. Produção. 4. Pará. I. Veloso, Carlos Alberto Costa Veloso. II. Série.

CDD 21. ed. 633.158115

© Embrapa 2012

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	5
<b>Abstract</b> .....	7
<b>Introdução</b> .....	8
<b>Material e Métodos</b> .....	9
<b>Resultados e Discussão</b> .....	11
<b>Conclusões</b> .....	14
<b>Agradecimento</b> .....	14
<b>Referências</b> .....	15



# Produtividade do Milho no Oeste do Pará em Resposta ao Manejo da Adubação Potássica

---

*Carlos Alberto Costa Veloso<sup>1</sup>  
Alysson Roberto Baizi e Silva<sup>2</sup>  
Vinícius Ide Franzini<sup>3</sup>  
Arystides Resende Silva<sup>4</sup>*

## Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de potássio no solo e do parcelamento da adubação na produtividade do milho no oeste do Estado do Pará. O experimento foi conduzido no campo, em Latossolo Amarelo distrófico textura muito argilosa, no Município de Belterra, em delineamento em blocos ao acaso com três repetições, tendo tratamentos arranjos em esquema fatorial  $5 \times 3$ , cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O; fonte: KCl) e três parcelamentos da adubação potássica [(i) 100% na semeadura, (ii) 50% na semeadura e 50% em cobertura; (iii) 30% na semeadura e 70% em cobertura]. O milho foi colhido 120 dias após a semeadura para avaliação da produtividade de grãos. A produtividade aumentou com a aplicação de potássio, atingindo máximo com 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. A aplicação de todo o potássio na semeadura resultou em

---

<sup>1</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, pesquisador na Embrapa Amazônia Oriental, carlos.veloso@embrapa.br

<sup>2</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisador A na Embrapa Amazônia Oriental, alysson.silva@embrapa.br

<sup>3</sup>Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador A na Embrapa Amazônia Oriental, vinicius.franzini@embrapa.br

<sup>4</sup>Engenheiro-florestal, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador A na Embrapa Amazônia Oriental, arystides.silva@embrapa.br

produtividade menor do que aquelas obtidas com o parcelamento da adubação. A aplicação de potássio em solo com baixo teor de potássio trocável e o parcelamento da adubação aumentam a produtividade do milho no Oeste Paraense.

Termos para indexação: Amazônia, cereal, dose, KCl, parcelamento.

# Corn Yield in the Western Pará State in Response to Potassium Fertilization Management

---

## Abstract

*The objective of this work was to evaluate the effect of potassium application in soil and fertilization splitting on corn yield in western Pará State. A field experiment was carried out on clayey Oxisol, in Belterra Municipality. A randomized complete block design with three replicates was used. The treatments consisted of 5 x 3 factorial arrangement, corresponding to five potassium rates (0, 50, 100, 150 and 200 kg ha<sup>-1</sup>; source: KCl) and three potassium fertilization splitting [(i) 100% at sowing, (ii) 50% at sowing and 50% top-dress 35 days after sowing; (iii) 30% at sowing and 70% top-dress 35 days after sowing]. The corn was harvested 120 days after sowing to evaluate grain yield. The yield increased with potassium application, reaching maximum value with 100 kg ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O. The application of all potassium at sowing resulted in smaller yield than fertilization splitting. Potassium application in soil with low exchangeable potassium and fertilization splitting increase corn yield in the western Pará State.*

*Index terms: Amazon, cereal, rate, KCl, splitting.*



## Introdução

A melhoria do porto de Santarém e a pavimentação da rodovia BR-163, obras conduzidas com o objetivo principal de escoar para o exterior a soja de Mato Grosso, irão facilitar a exportação da soja produzida no oeste do Estado do Pará, e essa facilidade favorecerá a expansão da cultura na região.

Em fronteiras agrícolas, a ampliação da área de soja geralmente promove o aumento da área cultivada com milho, em virtude dos benefícios gerados pelo cereal em rotação ou sucessão com a oleaginosa, que vão desde a quebra de ciclos de pragas e doenças até a otimização da estrutura produtiva da propriedade rural. Assim, a expansão da área de soja deve estimular o crescimento da área de milho no Oeste Paraense.

O suprimento de potássio do milho cultivado em sistema de produção que tem a soja como cultura principal deve receber atenção especial, porque essa leguminosa é uma planta que exporta quantidade considerável desse nutriente (COELHO, 2008).

A adubação potássica ganha mais relevância ainda para a cultura do milho, em virtude da elevada exigência de potássio da planta, sendo o segundo nutriente mais absorvido por ela, atrás apenas do nitrogênio (COELHO; FRANÇA, 1995).

As recomendações oficiais da adubação potássica para o milho variam bastante de região para região. No Estado de São Paulo, são recomendadas doses entre 0 kg ha<sup>-1</sup> e 160 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Em Minas Gerais, as doses de potássio variam de 20 kg ha<sup>-1</sup> a 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (ALVES et al., 1999). No Pará, sugere-se no máximo 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (CRAVO et al., 2010).

A variação acentuada entre as recomendações deve-se basicamente à expectativa de rendimento da cultura, que depende de aspectos regionais de clima, solo, material genético e manejo da lavoura. Portanto, a resposta à adubação potássica precisa ser avaliada regionalmente, o que ainda não foi feito para o oeste do Pará.

O parcelamento da dose de potássio também pode influenciar a eficiência da adubação. O milho possui elevada exigência de potássio no início do seu ciclo (COELHO, 2008) e isso sugere que o fertilizante potássico deva ser aplicado na semeadura ou na fase inicial do desenvolvimento da cultura. Entretanto, em razão do elevado índice salino do KCl, o fertilizante potássico mais utilizado no Brasil e no mundo, a aplicação de dose de potássio relativamente elevada no sulco de semeadura pode prejudicar o desenvolvimento inicial das plantas (BEVILAQUA et al., 1996; RAIJ, 2011), diminuindo o potencial de produtividade da lavoura (MALLARINO et al., 1997). Em função disso, são necessários estudos para avaliar melhor se o parcelamento da adubação pode aumentar o rendimento da cultura.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de potássio no solo e do parcelamento da adubação na produtividade do milho no oeste do Estado do Pará.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental, no Município de Belterra, próximo a Santarém, Estado do Pará. O solo do local foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico textura muito argilosa, segundo critérios de Santos et al. (2006). Na fase anterior à instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na camada de 0-0,2 m de profundidade, que depois foram submetidas a análises químicas e de textura, conforme Claessen (1997). A análise química revelou: pH (H<sub>2</sub>O) 5,3; MO = 24,5 g kg<sup>-1</sup>; P = 1,2 mg dm<sup>-3</sup> (Mehlich 1); K = 23 mg dm<sup>-3</sup> ou 0,06 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>;

Ca = 3,0  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg = 0,65  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Al = 0,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H + Al = 4,79  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e CTC = 8,50  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . A análise textural mostrou 27 g  $\text{kg}^{-1}$  de areia grossa, 12 g  $\text{kg}^{-1}$  de areia fina, 261 g  $\text{kg}^{-1}$  de silte e 700 g  $\text{kg}^{-1}$  de argila.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições, em esquema fatorial  $5 \times 3$ , sendo cinco doses de potássio (0, 50, 100, 150 e 200  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ ; fonte: KCl) e três parcelamentos da adubação potássica (100% na semeadura, 50% na semeadura e 50% em cobertura e 30% na semeadura e 70% em cobertura). A aplicação do fertilizante potássico na semeadura foi feita ao lado do sulco e, em cobertura, aos 35 dias após a semeadura do milho, junto com a ureia.

O preparo do solo consistiu em uma aração com grade aradora e duas gradagens com grade niveladora, sendo ambas as operações realizadas em sentidos transversais.

A correção da acidez do solo foi realizada com a aplicação de 1,5 t  $\text{ha}^{-1}$  de calcário (PRNT = 90%; MgO = 15%), de modo a elevar a saturação por bases a 60%, conforme indicação de Veloso et al. (2010). A dose de calcário foi calculada pelo método da saturação por bases. O corretivo foi distribuído em área total e incorporado na camada de 0-0,2 m de profundidade, por meio de aração e gradagem.

A parcela experimental tinha 5,6 m  $\times$  8,0 m, com oito linhas de milho, espaçadas em 0,7 m, tendo cinco plantas por metro linear. As sementes de milho (*Zea mays* L. cv. BRS 1030, híbrido simples, ciclo precoce) foram semeadas em janeiro de 2010.

Todas as parcelas receberam o equivalente a 90  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  e 90  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, usando como fontes o superfosfato triplo e a ureia, respectivamente. O fertilizante fosfatado foi aplicado no sulco de semeadura. O fertilizante nitrogenado foi parcelado em duas aplicações, uma na semeadura (30  $\text{kg ha}^{-1}$  de N), ao lado do sulco, e outra em cobertura (60  $\text{kg ha}^{-1}$  de N), aos 35 dias após a semeadura.

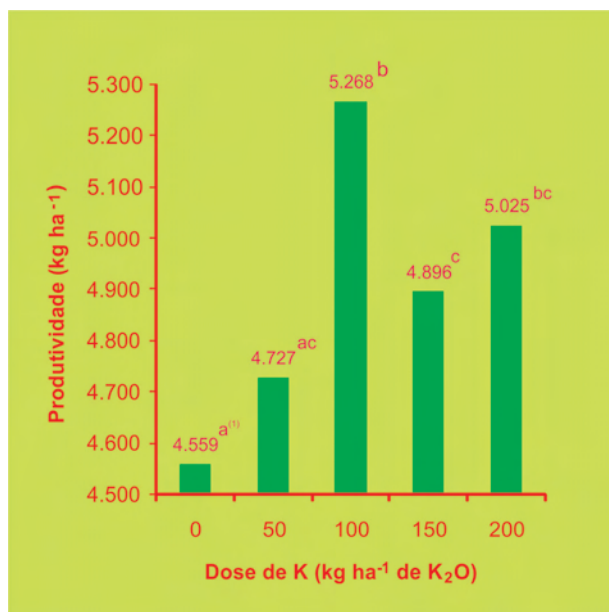
A colheita foi realizada manualmente 120 dias após a semeadura. A produção de grãos foi avaliada após a maturação fisiológica em área útil de 22,4 m<sup>2</sup> e a massa de grãos foi corrigida para 13% de umidade.

Os dados de produtividade foram submetidos a análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Resultados e Discussão

A aplicação de potássio e o parcelamento da adubação tiveram efeito significativo ( $p < 0,01$ ) na produtividade de grãos de milho, mas a interação entre os fatores não foi significativa ( $p > 0,05$ ), indicando que eles atuaram de modo independente no rendimento da cultura.

A maior produtividade ocorreu na dose de potássio de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O (Figura 1), não havendo benefício decorrente da aplicação de doses superiores. Nessa dose, o acréscimo de produtividade foi de 709 kg ha<sup>-1</sup> ou 16% em relação à ausência de aplicação de potássio.



**Figura 1.** Produtividade de milho em função de doses de potássio.

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

CV = 4,56 %.

O aumento de produção em resposta à adubação potássica ocorreu porque o solo apresentava um teor inicial de potássio ( $23 \text{ mg dm}^{-3}$ ) considerado baixo para o Estado do Pará, conforme critério de Cravo et al. (2010).

A produtividade mais elevada obtida nesse experimento ( $5.268 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi conseguida com aplicação de uma dose de potássio 67% superior à máxima recomendada para a cultura no Pará (CRAVO et al., 2010). Embora não tenha sido determinada a dose econômica neste estudo, a magnitude da diferença entre a dose que proporcionou a mais alta produtividade e a recomendada atualmente chama atenção para uma eventual revisão da tabela de adubação do estado ou até mesmo a sua regionalização.

A aplicação de todo o potássio na semeadura resultou em menor produtividade em comparação com o parcelamento da adubação (Tabela 1). Como já observado em outros experimentos (BEVILAQUA et al., 1996; MALLARINO et al., 19997), é possível que o fertilizante potássico colocado próximo das raízes tenha prejudicado o desenvolvimento inicial das plantas pelo efeito salino desse fertilizante, explicando o menor desempenho da adubação somente na semeadura. Para evitar esse problema, Fancelli (2010) sugere que a aplicação de potássio na semeadura seja de, no máximo,  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

O cuidado de não se aplicar dose excessiva de potássico na semeadura deve ser maior ainda em solos arenosos. Esses solos apresentam menor capacidade de retenção de cátions e, por isso, uma maior quantidade de potássio tende a entrar em contato com as raízes logo após a aplicação do fertilizante. Além disso, a concentração do fertilizante potássico na linha de semeadura pode tornar a lixiviação de potássio mais intensa.

A aplicação de 50% ou 70% da dose de potássio em cobertura não resultou em diferença na produtividade (Tabela 1), indicando que a maior parte do potássio poderia ser transferida da adubação de semeadura para a adubação de cobertura. A transferência da maior

parte do potássio para a cobertura permite ao produtor rural ter maior flexibilidade na escolha do fertilizante para aplicação na semeadura, podendo optar, inclusive, por fórmulas com maiores teores de nitrogênio e fósforo, cuja opção já é uma tendência em certas regiões do Brasil Central.

**Tabela 1.** Produtividade de milho em função do parcelamento da adubação potássica.

Parcelamento	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )
100% na semeadura	4.640 b <sup>(1)</sup>
50% na semeadura e 50% em cobertura	5.036 a
30% na semeadura e 70% em cobertura	5.009 a

<sup>(1)</sup>Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

CV = 4,56 %.

No entanto, utilizar fórmula mais concentrada em nutrientes possibilita, além da redução do gasto com transporte do produto, aumento no rendimento de semeadura, pelo menor número de interrupção da operação para abastecimento da semeadora-adubadora com fertilizante. Apesar dessas vantagens, o suprimento adequado de enxofre para o milho pode ficar comprometido, uma vez que, quanto mais concentrada a fórmula, menor é seu teor de enxofre na forma de sulfato. Como alternativas ao suprimento de enxofre têm-se o gesso agrícola, o enxofre elementar e o próprio sulfato de amônio.

É importante ressaltar que este trabalho fornece informações preliminares para o manejo mais adequado da adubação potássica, possibilitando aos produtores rurais o uso racional do potássio do fertilizante no processo de expansão da área de milho na região de Santarém. Pesquisas complementares são necessárias para ajuste da adubação considerando situações variadas de solo e de manejo da cultura.

## **Conclusões**

A aplicação de fertilizante potássico em solo com baixo teor de potássio aumenta a produtividade do milho no Oeste Paraense.

O parcelamento da adubação potássica proporciona maior produtividade em comparação com a aplicação da dose integral de potássio no sulco de semeadura.

## **Agradecimento**

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro (CNPq - projeto 575027/2008-8).

## Referências

ALVES, V. M. C.; VASCONCELLOS, C. A.; FREIRE, F. M.; PITTA, G. V. E.; FRANÇA, G. E.; RODRIGUES FILHO, A.; ARAÚJO, J. M.; VIEIRA, J. R.; LOUREIRO, J. E. Milho. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: – 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 314-316.

BEVILAQUA, G. A. P.; BROCH, D. L.; POSSENTI, J. C.; VILLELA, F. A. Posição do fósforo e potássio na adubação da semente e no crescimento de plântulas de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 2, n. 2, p. 87-92, 1996.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. p. 131-157.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. **Informações Agrônomicas**, n. 71, p. 61-67, 1995. Encarte Técnico.



CRAVO, M. S.; SILVEIRA FILHO, A.; RODRIGUES, J. E. L.; VELOSO, C. A. C. Milho. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 2. ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 153-155p.

FANCELLI, A. L. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes na cultura de milho. **Informações Agronômicas**, n. 131, p. 1-16, 2010.

MALLARINO, A. P.; BORDOLL, J. M.; BORGES, R. Phosphorus and potassium placement effects on early growth and nutrient uptake of no-till corn and relationships with grain yield. **Agronomy Journal**, v. 91, n. 1, p. 37-45, 1997.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RAIJ, B. van; CANTARERELLA, H. Milho. In: RAIJ, B. van; CANTARERELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1997 (IAC. Boletim técnico, 100). p. 56-59.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed.). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

VELOSO, C. A. C.; BOTELHO, S. M.; RODRIGUES, J. E. L. F. Correção da acidez do solo. In: CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M.; BRASIL, E. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. 2. ed. rev. atual. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. p. 93-103.

**Embrapa**

---

*Amazônia Oriental*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

G O V E R N O F E D E R A L  
**BRASIL**  
PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

CGPE 10258