

DOSES DE NITROGÊNIO E DE FÓSFORO RECOMENDADAS PARA PRODUÇÃO ECONÔMICA DE MILHO-VERDE NA CHAPADA DO APODI-RN¹

MARIA REGILENE DE FREITAS COSTA PAIVA², GERÔNIMO FERREIRA DA SILVA^{3*}, FÁBIO HENRIQUE TAVARES DE OLIVEIRA⁴, RODRIGO GOMES PEREIRA⁵, FÁBIO MARTINS DE QUEIROGA⁶

RESUMO - O nitrogênio (N) e o fósforo (P) geralmente são os dois nutrientes que ocorrem em menores teores no solo em relação à necessidade da planta e são dois nutrientes dos mais exigidos pela cultura do milho. Com o presente trabalho objetivou-se definir as doses de N e de P associadas à máxima produção econômica do milho verde em um solo alcalino do município de Baraúna-RN. O milho híbrido AG 1051 foi plantado no espaçamento de 0,70 x 0,23 m e colhido na condição de milho verde aos 75 dias após o plantio. Foram aplicados 17 tratamentos, sendo 16 tratamentos resultantes da combinação entre quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e de quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e um tratamento testemunha, no qual não se aplicou nenhuma dose desses nutrientes. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. As características avaliadas foram: número e peso total de espigas, número e peso de espigas empalhadas comercializáveis e número e peso de espigas despalhadas comercializáveis. O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo, em consequência da adubação, influencia positivamente o peso das espigas de milho verde. A cultura do milho verde respondeu positivamente mais à adubação fosfatada que à adubação nitrogenada. As doses de máxima eficiência econômica recomendadas para a produção de espigas verdes empalhadas comercializáveis foram estimadas para a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N + 106 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Palavras-Chave: *Zea mays* L.. Adubação nitrogenada. Adubação fosfatada.

DOSES OF NITROGEN AND PHOSPHORUS RECOMMENDED FOR PRODUCTION ECONOMIC OF GREEN-CORN AT "CHAPADA DO APODI-RN"

ABSTRACT - The nitrogen (N) and phosphorus (P) generally are the two nutrients that occur in lower levels in the soil in relation to the need of the plant and are the nutrients most required by the maize crop. With the present work aimed to define the levels of N and P₂O₅ associated to the maximal economical of green corn in an alkaline soil of the city of Baraúna-RN. The maize hybrid AG 1051 was planted in spacing of 0.70 x 0.23 m and harvested on the condition of green corn to 75 days after planting. Were applied 17 treatments, being 16 treatments resulting from the combination between four doses of N (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and four doses of P₂O₅ (30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) and a control treatment, in which not applied any dose of these nutrients. The experimental design was in randomized blocks with four repetitions. The characteristics evaluated were: number and total weight of cobs, number and weight of marketable covered cobs and number and weight of marketable uncovered cobs. The increase of the availability of N and P in soil, as a result of fertilizing, positively influences positively the weight of green maize ears. The culture of green corn responded better to phosphorus fertilization than nitrogen fertilization, showing that in the soil of the experimental area the P was more limiting to the production than the N. Although the majority of production of marketable covered cobs has been estimated for the application of 120 kg ha⁻¹ N + 106 kg ha⁻¹ P₂O₅, the doses of maximum economic and environmental efficiency recommended were 60 kg ha⁻¹ N + 106 kg ha⁻¹ P₂O₅.

Key words: *Zea mays* L.. Nitrogen fertilization. Phosphorus fertilization.

* Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 06/06/2011 Aceito em 01/10/2012

Parte da tese de Doutorado do segundo autor.

^{3,6}Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, UFRSA, 59625-900, Mossoró-RN. agrogefe@yahoo.com.br; fmartinsubi@gmail.com

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, UERN, 59625-620, Mossoró-RN. regilene_costa@hotmail.com

⁴Professor do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológica, UFRSA, 59625-900, Mossoró – RN; fabio@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Norte, como em outros Estados do Brasil, o cultivo de milho destinado à produção de milho verde vem aumentando de forma significativa, visto que, na forma de grãos verdes, isto é, milho com grãos no estado leitoso, apresentando de 70 a 80% de umidade, o ciclo é mais rápido e a lucratividade é maior devido ao maior valor de comercialização, quando comparado com o milho na forma de grãos secos (PINHO et al. 2008).

Para que a produção do milho verde seja economicamente viável e o produtor atenda a demanda e às exigências do mercado consumidor, é necessário que se obtenham produtividades elevadas e sustentáveis, o que depende muito dentre outros fatores do suprimento adequado de nutrientes. Dentre os principais fatores responsáveis pela baixa produtividade dessa cultura na região, destacam-se as precipitações pluviais irregulares, os baixos teores de nitrogênio e de fósforo dos solos e a falta de pesquisas de adubação em condições de campo que definam as melhores doses desses elementos para a adequada nutrição das plantas e maior produtividade da cultura.

De acordo com o Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte (BRASIL, 1971), nesta região encontram-se: Latossolos, Argissolos, Chernossolos Rêndzicos, Cambissolos, Neossolos Litólicos, Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos. Desses solos, os Argissolos e os Cambissolos são os mais cultivados na região. Os Cambissolos são derivados de calcário, são alcalinos e apresentam textura argilosa, mas também são pobres em matéria orgânica e em fósforo. As principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989; UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993; RAIJ et al., 1997; CAVALCANTI et al., 1998; RIBEIRO et al., 1999; SOUSA; LOBATO, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004) recomendam doses de N e de P para a cultura do milho que variam de 60 a 95 kg ha⁻¹ de N (média de 83 kg ha⁻¹) e 0 a 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (média de 85 kg ha⁻¹), de acordo com o teor de P no solo e com a tabela de recomendação de adubação.

As doses de N e de P variam ainda com a produtividade esperada da cultura e com o tipo de solo, pois os solos variam bastante quanto aos teores de P disponível e quanto à capacidade máxima de adsorção de fosfato. Isso mostra que é muito impor-

tante realizar experimentos de adubação nas diferentes regiões produtoras de milho do país, tendo em vista a elaboração de recomendações de adubação nitrogenada e fosfatada para essa cultura com base em resultados de pesquisas regionais, evitando a aplicação de doses de nutrientes aquém ou além das necessidades da cultura. Portanto, o desenvolvimento regional de pesquisas visando à obtenção de uma recomendação de adubação baseada em curvas de resposta da cultura a doses de nutrientes é indispensável para a cultura do milho.

Tendo em vista a grande importância da adubação nitrogenada e fosfatada para a cultura do milho na produção de milho verde no semiárido brasileiro e a ausência de resultados de pesquisa sobre adubação desta cultura no Estado do Rio Grande do Norte, propôs-se este trabalho com o objetivo de definir as doses de nitrogênio e de fósforo associadas à máxima produção econômica do milho verde em um solo alcalino do município de Baraúna-RN.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Baraúna-RN, em propriedade particular de produtor rural, distante 45 km da sede do município de Mossoró-RN, cujas coordenadas geográficas são: 5° 04' 48" de latitude sul, 37° 37' 00" de longitude oeste e altitude de 94 m (IBGE, 2008). O clima da região segundo a classificação de KOPPEN, é do tipo BSwh', muito seco, com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono.

Antes da instalação do experimento em janeiro de 2010, foi coletada uma amostra composta de solo da área experimental na profundidade de 0 a 20 cm, para caracterização química e granulométrica, realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA, de acordo com (EMBRAPA, 1997) (Tabela 1). O solo da área experimental foi assim classificado como Cambissolo Háplico eutrófico de textura franco-argilo-arenosa (EMBRAPA, 1999)

O preparo do solo foi realizado com uma aração e duas gradagens. Em seguida, foram realizadas a demarcação das parcelas e a adubação de plantio (aplicação dos tratamentos). O plantio do milho híbrido semiprecoce AG 1051 foi realizado no dia 19/03/2010 e a colheita realizada aos 68 dias após a emergência das plantas quando os grãos apresentavam teor de umidade entre 70 e 80%.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental avaliadas na camada de 0-20 cm antes da instalação do experimento.

pH	MO	N total	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	Areia	Silte	Argila
H ₂ O	%	g kg ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----			-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----dag kg ⁻¹ -----		
6,8	1,1	1,10	3,8	303,9	15	7,1	3,5	0,0	0,66	19,86	31,05	49,09

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos consistiram na combinação de quatro doses de N (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) com quatro doses de P₂O₅ (30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹), mais um tratamento com ausência de N e de P₂O₅ (testemunha) obtendo-se 17 tratamentos e totalizando 68 parcelas. Cada parcela foi constituída por quatro linhas de 6 m de comprimento espaçadas a 0,7 m entre si, contendo 26 plantas em cada linha. As duas linhas centrais, descartando-se duas plantas em cada extremidade, foram consideradas área útil da parcela onde foram feitas as avaliações.

Os tratamentos culturais adotados durante a condução do experimento foram de acordo com Cruz et al. (2006). O controle de plantas daninhas foi realizado por capinas manuais com enxada, realizadas sempre que necessário desde o plantio até os 40 dias após e semeadura e por meio da aplicação do herbicida Atrazina (500 g L⁻¹) na dose de 4,5 L ha⁻¹, aplicado em pré-emergência das plantas daninhas. Quando necessário realizou-se também a aplicação de inseticidas específicos para o controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith). Devido aos frequentes veranicos que ocorrem na região, o experimento contou com o auxílio de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, com espaçamento de 0,30 m entre emissores e vazão 2,3 l/h, sendo essa lâmina suplementar de irrigação obtida pelo balanço hídrico, considerando-se a precipitação e a evapotranspiração da cultura (Etc).

As doses de N foram parceladas, aplicando-se 20 % da dose de N no plantio e os 80 % restantes em duas coberturas, aos 20 e 40 dias após a emergência das plantas. As doses dos demais nutrientes foram aplicadas no plantio e foram constantes para todos os tratamentos, inclusive na testemunha. As doses de N e K₂O foram fornecidas por meio dos fertilizantes uréia/sulfato de amônio (plantio/cobertura) e cloreto de potássio, respectivamente, e para o fornecimento de P foi utilizado o superfosfato triplo. As fontes de B, Zn e Cu foram o ácido bórico, sulfato de zinco e sulfato de cobre, respectivamente.

As variáveis mensuradas foram dadas pelo número de plantas em dois metros lineares dentro da área útil de cada parcela, onde avaliou-se o número e peso totais de espigas, o número e peso de espigas comercializáveis, empalhadas e despalhadas. O número de espigas foi estimado com base na contagem das espigas colhidas dentro dos dois metros da área útil de cada parcela e o peso total de espigas foi estimado com base na pesagem das espigas colhidas dentro dos dois metros da área útil de cada parcela. O número de espigas empalhadas comercializáveis, peso de espigas empalhadas comercializáveis, número de espigas despalhadas comercializáveis e peso de espigas despalhadas comercializáveis foram avaliadas manualmente com o auxílio de uma balança comercial (SILVA et al., 2003). Como espigas verdes

empalhadas comercializáveis foram consideradas aquelas com aparência adequada à comercialização, isto é, sem evidências aparentes do ataque de pragas e com comprimento superior a 19 cm. Como espigas despalhadas comercializáveis foram consideradas aquelas com aparência adequada à comercialização, isto é, bem granadas, não atacadas por pragas e com comprimento superior a 12 cm.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão linear múltipla (superfície de resposta). As médias de cada tratamento foram ajustadas por um modelo de regressão linear múltipla considerando-se as doses de N e de P como variáveis independentes: $Y = a + bN + cN^2 + dP + eP^2 + fNP$. Onde: Y é a variável dependente, N as doses de nitrogênio (kg ha⁻¹) e P as doses de P₂O₅ (kg ha⁻¹). Após o ajuste deste modelo completo, foram descartados os coeficientes com significância superior a 10%, ajustando-se um novo modelo mais simples apenas com os parâmetros com contribuição significativa para o modelo. Estas análises foram efetuadas com o software SAEG (2007). Após escolha do modelo, os valores de significância foram corrigidos pelo programa Fcalcw32® for Windows e foram desenhadas superfícies de resposta para cada característica avaliada, utilizando-se o programa Sigma Plot (2007).

De posse dos valores das produtividades de espigas verdes estimados pelos modelos de regressão, foi realizada a análise econômica da adubação do experimento, onde foram calculados, receita bruta, gastos com fertilizantes e receita líquida. A receita bruta foi calculada considerando a produção estimada pelo modelo de regressão ajustado e o preço do milho verde. No comércio de Mossoró-RN, 1 kg de espigas empalhadas comercializáveis foi cotado a R\$ 3,50, em julho de 2011. Para calcular os gastos com fertilizantes, foi utilizado o custo dos fertilizantes empregados na adubação do experimento, tendo um saco de 50 kg de superfosfato triplo o custo de R\$ 53,00, o de uréia R\$ 60,00 e o sulfato de amônio R\$ 38,80. Com isso, o custo de 1 kg de P₂O₅ via superfosfato triplo é R\$ 2,52, 1 kg de N via uréia, custa R\$ 2,67 e 1 kg de N via sulfato de amônio custa R\$ 3,88. Para calcular o custo da adubação nitrogenada, considerou-se que 20 % da dose de N foi aplicada via uréia e 80 % via sulfato de amônio. Com base nessas informações e nos valores das doses de N e de P aplicadas, calculou-se o custo da adubação. A receita líquida foi calculada através da diferença entre a receita bruta e os gastos com fertilizantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na tabela 2 que só houve efeito significativo de tratamentos para o número de espigas empalhadas comercializáveis e que nenhum modelo de regressão se ajustou aos dados de número

total de espigas, número de espigas empalhadas comercializáveis e número de espigas despalhadas comercializáveis. Para os números de espigas empalhadas e despalhadas comercializáveis, as médias dos 16 tratamentos que consistiram das aplicações de doses de N e de P₂O₅ (fatorial) foram aproximadamente 45% maiores que a média da testemunha (tratamento sem a aplicação dos fertilizantes).

As médias do número total de espigas variaram de 44.048 espigas ha⁻¹ (30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 60 kg ha⁻¹ de N) a 62.500 espigas ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 60 kg ha⁻¹ de N) (Tabela 2). Considerando que não houve efeito significativo de tratamentos para esta característica e que a média do fatorial (54.613 espigas ha⁻¹) foi apenas 13% maior que a média da testemunha (Tabela 2), pode-se afirmar que as adubações nitrogenadas e fosfatadas não influenciaram o número total de espigas produzidas. Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Freire et al. (2010), que estudando o efeito de doses ni-

trogenadas aplicadas na produtividade de espigas verdes e em componentes da sua produção, também não verificaram aumento no número total de espigas produzidas em função do aumento das doses de nitrogênio aplicadas. No entanto, em Monteiro et al. (1989), Silva et al. (2000), Silva et al. (2003), Ferreira et al. (2001) e Veloso et al. (2006) foi constatado o efeito da aplicação de nitrogênio no número de espigas por hectare.

O número de espigas empalhadas comercializáveis variou de 33.929 espigas ha⁻¹ (testemunha) a 60.714 espigas ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 60 kg ha⁻¹ de N), com efeito significativo para tratamentos (Tabela 2). Sem a aplicação dos fertilizantes nitrogenados e fosfatados (testemunha), o número de espigas empalhadas comercializáveis (33.929 espigas ha⁻¹) foi equivalente a 71% da produção obtida para a média do fatorial (47.861 espigas ha⁻¹) e 75% da produção obtida (45.536 espigas ha⁻¹) para a menor combinação de doses de N e de P₂O₅ (Tabela 2).

Tabela 2. Número total de espigas, número de espigas empalhadas comercializáveis e número de espigas despalhadas comercializáveis, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo.

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
-----Número total de espigas (espigas ha ⁻¹)-----						
0	48.214	-	-	-	-	-
30	-	55.952	44.048	58.929	53.571	53.125
60	-	52.381	52.679	57.143	55.357	54.390
90	-	53.571	54.762	56.250	52.679	54.315
120	-	55.357	62.500	52.381	56.250	56.622
Média	-	54.315	53.497	56.176	54.464	54.613
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	11			Ftrat:	1,77 ^{ns}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
-----Número de espigas empalhadas comercializáveis (espigas ha ⁻¹)-----						
0	33.929	-	-	-	-	-
30	-	45.536	39.286	46.429	47.619	44.717
60	-	45.238	44.643	50.000	46.429	46.577
90	-	50.000	41.667	50.893	50.893	48.363
120	-	50.000	60.714	46.429	50.000	51.786
Média	-	47.693	46.577	48.438	48.735	47.861
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	14			Ftrat:	3,21 ^{**}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					
-----Número de espigas despalhadas comercializáveis (espigas ha ⁻¹)-----						
0	25.893	-	-	-	-	-
30	-	37.500	33.036	28.571	41.071	35.045
60	-	38.839	39.286	36.607	41.071	38.839
90	-	39.286	33.333	43.750	38.393	38.690
120	-	45.536	41.964	36.607	38.095	40.551
Média	-	40.179	36.905	36.384	39.658	38.281
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	22			Ftrat:	1,56 ^{ns}
Regressão:	Nenhum modelo se ajustou aos dados					

⁽¹⁾Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade para tratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo.

Isso revela que bastou apenas a aplicação de uma pequena dose de N (30 kg ha⁻¹) combinada com a aplicação de uma pequena dose de P₂O₅ (30 kg ha⁻¹) para que o número de espigas empalhadas comer-

cializáveis fosse incrementado em 34% em relação à testemunha (Tabela 2). Lucena et al. (2000) estudaram o efeito de níveis de adubação nitrogenada e fosfatada, sobre o desenvolvimento e rendimento da

cultura do milho e verificaram que o número de espigas empalhadas comercializáveis apresentou respostas positivas e significativas à aplicação de doses crescentes de nitrogênio e de fósforo ao solo. Silva e Silva (2003) estudaram o efeito do parcelamento da dose recomendada de N no número de espigas empalhadas comercializáveis e verificaram maiores rendimentos quando a dose total de N (120 kg ha⁻¹ de N) foi aplicada aos 45 dias após o plantio ou quando 1/3 dessa dose de N foi aplicada aos 25 dias após o plantio e os 2/3 restantes aos 45 após o plantio. Mesmo que neste trabalho os autores não tenham trabalhado com variação de doses de N, mas com o parcelamento da dose recomendada, isso evidencia que o número de espigas empalhadas comercializáveis é uma característica que responde bem a variações na disponibilidade de N no solo. Freire et al. (2010) também verificaram respostas à aplicação de doses de nitrogênio na produção de espigas empalhadas comercializáveis.

Quanto ao número de espigas despalhadas comercializáveis (Tabela 2), houve variação de 25.893 espigas ha⁻¹ (testemunha) a 45.536 espigas ha⁻¹ (120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 30 kg ha⁻¹ de N). Pelo que se observa nos dados, pelo efeito não significativo para tratamentos e pelo fato de nenhum modelo de regres-

são ter se ajustado aos dados (Tabela 2), as variações dessa característica não seguiram nenhuma tendência lógica. Porém, convém destacar que a média do fatorial (38.281 espigas ha⁻¹) foi 48% maior que a média da testemunha (25.893 espigas ha⁻¹), evidenciando que a aplicação de qualquer combinação de doses de N e de P₂O₅, maior ou igual a 30 kg ha⁻¹, é muito mais vantajosa do que não se adubar com esses nutrientes. Esses dados discordam daqueles obtidos por Lucena et al. (2000), os quais verificaram que o número de espigas despalhadas comercializáveis apresentou respostas positivas e significativas à aplicação de doses crescentes de nitrogênio e de fósforo ao solo. Silva e Silva (2003) constaram também incrementos significativos para essa característica em função do parcelamento da dose recomendada de N (120 kg ha⁻¹).

Ao contrário do que foi observado para as características relacionadas ao número de espigas, para todas as características relacionadas ao peso de espigas a análise de variância revelou efeito significativo de tratamentos e a análise de regressão mostrou que foi possível o ajuste de um modelo de regressão com valor elevado de R² (Tabela 3). Isso revela que os nutrientes N e P influenciam mais a qualidade das espigas do que o número de espigas produzidas.

Tabela 3. Peso total de espigas, peso de espigas empalhadas comercializáveis e peso de espigas despalhadas comercializáveis, em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo.

Dose de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Dose de N (kg ha ⁻¹)					Média
	0	30	60	90	120	
-----Peso total de espigas (kg ha ⁻¹)-----						
0	6.058	-	-	-	-	-
30	-	12.188	10.540	11.813	11.853	11.598
60	-	12.772	13.808	12.460	13.902	13.235
90	-	14.406	13.202	15.210	13.804	14.155
120	-	14.281	14.076	14.756	14.991	14.526
Média	-	13.412	12.907	13.560	13.637	13.379
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	13			Ftrat:	6,85**
Regressão:	Y = 6.975 + 8,2503°N + 136,688**P - 0,6702**P ² R ² = 0,89					
-----Peso de espigas empalhadas comercializáveis (Kg ha ⁻¹)-----						
0	4.277	-	-	-	-	-
30	-	10.553	9.741	10.442	11.469	10.551
60	-	11.737	12.491	12.004	12.808	12.260
90	-	13.960	11.744	14.455	13.433	13.398
120	-	13.433	14.667	13.708	14.004	13.953
Média	-	12.421	12.161	12.653	12.929	12.541
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	12			Ftrat:	11,17**
Regressão:	Y = 5.348 + 11,1830*N + 146,1480**P - 0,6925**P ² R ² = 0,90					
-----Peso de espigas despalhadas comercializáveis (kg ha ⁻¹)-----						
0	2.188	-	-	-	-	-
30	-	8.732	7.906	6.629	8.098	7.842
60	-	8.864	9.196	10.536	10.661	9.814
90	-	10.384	8.982	10.696	11.411	10.368
120	-	10.692	11.415	11.077	11.772	11.239
Média	-	9.668	9.375	9.735	10.485	9.816
ANAVA ⁽¹⁾ :	CV(%):	23			Ftrat:	4,89**
Regressão:	Y = 3.068 + 13,0414*N + 131,2560**P - 0,6118**P ² R ² = 0,89					

⁽¹⁾Análise de variância considerando o delineamento em blocos ao acaso, com 16 graus de liberdade para tratamentos e 48 graus de liberdade para o resíduo. **, * e °: respectivamente, significativo a 1%, a 5% e 10% de probabilidade.

Em todas as características relacionadas ao peso de espigas, a diferença entre a produção obtida no tratamento testemunha (0 kg ha⁻¹ de N + 0 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e o tratamento referente à aplicação das menores doses de nutrientes (30 kg ha⁻¹ de N + 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅) é muito grande. Para o peso de espigas empalhadas comercializáveis, a produção obtida com a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de N + 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (10.553 espigas ha⁻¹) foi 2,5 vezes maior que a obtida no tratamento testemunha (4.277 espigas ha⁻¹), sem a aplicação de N e de P₂O₅ (Tabela 3). Se for considerado o peso de espigas despalhadas comercializáveis, essa diferença chega a quatro vezes. Esses resultados confirmam que o solo da área experimental apresenta baixa disponibilidade de N e de P e que, por isso, responde positivamente às adubações nitrogenadas e fosfatadas, mesmo aplicando-se pequenas doses de N e de P₂O₅.

Resultados de experimentos conduzidos sob diversas condições de solo, clima e sistemas de cultivo, em Minas Gerais (França et al., 1986) e em São Paulo (Cantarella; Raij, 1986) mostraram que, em geral, de 70 a 90% dos ensaios com a cultura do milho responderam à aplicação de N. Para Cantarella (1993), a magnitude das respostas ao nitrogênio em ensaios com a cultura do milho conduzidos no Brasil tem sido variável, mas a maioria dos estudos indica respostas positivas quando se varia as doses de N entre 30 e 90 kg ha⁻¹, devido, em parte, aos níveis de produtividade relativamente baixos.

A análise de regressão realizada com as 17 médias obtidas para cada característica relacionada ao peso de espigas (Tabela 3) revelou pequeno efeito positivo das doses de N, ao passo que o efeito das doses de P₂O₅ foi mais evidenciado. Essa diferença na magnitude dos efeitos das doses de N e de P₂O₅ pode ser observada tanto pela superfície de resposta quanto pelos valores dos parâmetros das equações de regressão ajustadas (Figuras 1a, 1b e 2). Para todas as características relacionadas ao peso de espigas, o efeito foi positivo e linear para a adubação nitrogenada (Figuras 1a, 1b e 2) significando que o maior peso de espigas foi obtido com a dose de 120 kg ha⁻¹ de N, mas a pequena magnitude desse efeito sugere que a dose mais econômica de N deve ser bem menor que 120 kg ha⁻¹ de N. A esse respeito, Silva et al. (2003), Cardoso et al. (2010) e Freire et al. (2010) já enfatizaram o efeito positivo da adubação nitrogenada no peso das espigas de milho empalhadas e despalhadas. Ferreira et al. (2001) também verificaram incrementos no peso das espigas empalhadas e despalhadas como consequência do aumento das doses de N.

Quanto à adubação fosfatada, as equações de regressão e as superfícies de resposta indicam efeito quadrático para as doses de P₂O₅ (Figuras 1a, 1b e 2), de modo que as produções máximas estimadas de espigas (14.935 kg ha⁻¹), espigas empalhadas comercializáveis (14.401 kg ha⁻¹) e espigas despalhadas comercializáveis (11.673 kg ha⁻¹) foram obtidas aplicando-se as doses de 102, 106 e 107 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente.

$$Y = 6.975 + 8,2503^*N + 136,688^{**}P - 0,6702^{**}P^2 \quad R^2 = 0,89$$

$$Y = 5.348 + 11,1830^*N + 146,1480^{**}P - 0,6925^{**}P^2 \quad R^2 = 0,90$$

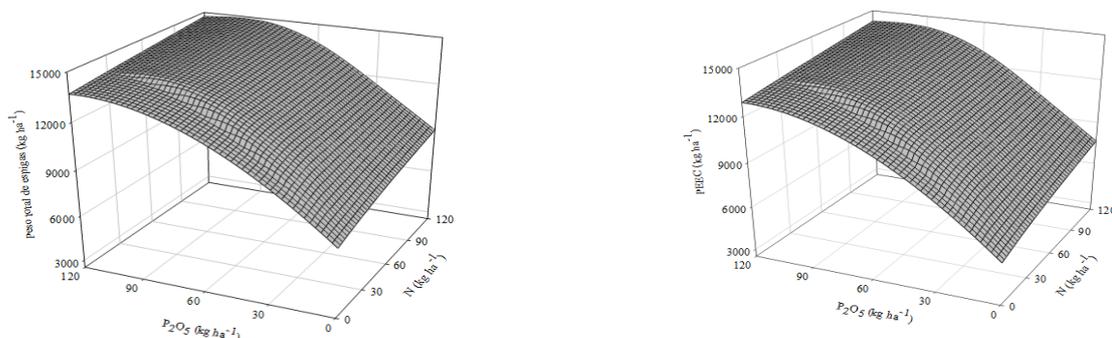


Figura 1. Superfície de resposta para o peso total de espigas (a) e para o peso de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC) (b), em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo. **, * e ns: respectivamente, significativo a 1%, a 5% e 10% de probabilidade.

$$Y = 3.068 + 13,0414^*N + 131,2560^{**}P - 0,6118^{**}P^2 \quad R^2 = 0,89$$

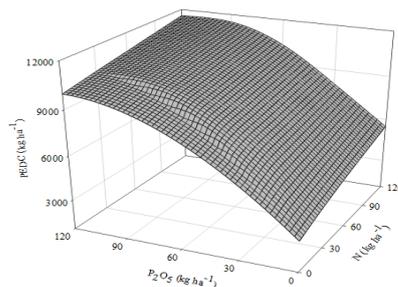


Figura 2. Superfície de resposta para o peso de espigas despalhadas comercializáveis (PEDC), em função de doses de nitrogênio e de fósforo aplicadas no solo. **, *: respectivamente, significativo a 1% e a 5% de probabilidade

Em experimento com a cultura do milho verde adubada com nitrogênio e fósforo, Lucena (2000) verificou que o aumento das doses de N e de P_2O_5 aumentou o peso de espigas empalhadas e despalhadas, mas não foi verificado efeito da interação entre esses fatores. Esses resultados concordam com os que foram encontrados neste trabalho.

Em uma área experimental contígua à área experimental deste experimento, no mesmo tipo de solo, Pereira (2011) realizou trabalho semelhante com a cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Similarmente ao que foi verificado neste trabalho, a resposta positiva da cultura do sorgo à adubação nitrogenada foi de menor magnitude do que a resposta dessa cultura à adubação fosfatada, sendo também não foi verificado efeito da interação entre doses de N e de P_2O_5 .

O peso de espigas empalhadas é muito importante para a comercialização do milho verde nas centrais de abastecimento e nas feiras livres, onde o milho verde é comercializado com palha e o consumidor sempre tende a escolher as espigas maiores e mais pesadas. Assim, esses atributos são muito considerados na comercialização do milho verde tanto para o consumo *in natura* quanto para a indústria de enlatados (ALBUQUERQUE et al., 2008). Para o peso de espigas empalhadas comercializáveis, a produção de máxima eficiência física (14.401 espigas ha^{-1}) foi estimada para a aplicação de 120 $kg\ ha^{-1}$ de N + 106 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 . O modelo de regressão ajustado (Figuras 1a, 1b e 2) mostra valores pequenos para as estimativas dos parâmetros associados o efeito linear de N e quadrático de P_2O_5 , evidenciando que provavelmente as doses de N e de P_2O_5 associadas à máxima eficiência econômica sejam bem menores que 120 $kg\ ha^{-1}$ de N + 106 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 .

Para calcular o custo da adubação nitrogenada, considerou-se que 20 % da dose de N foi aplicada via uréia e 80 % via sulfato de amônio. Assim, com

base nessa informação, no custo dos adubos nitrogenados e fosfatados e nos valores das doses de N e de P aplicadas, calculou-se o custo da adubação (Tabela 4). A receita bruta foi calculada considerando a produção estimada pelo modelo de regressão ajustado (Figura 1b) e o preço do milho verde no comércio de Mossoró – RN. A receita líquida foi calculada pela diferença entre a receita bruta e o custo da adubação (Tabela 4).

A maior receita líquida estimada foi de R\$ 49.124,53, a qual corresponde a uma produção de 14.401 espigas ha^{-1} (produção de máxima eficiência econômica), que se conseguiria com a aplicação de 120 $kg\ ha^{-1}$ de N + 106 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 (Tabela 4). Para obtenção dessa receita líquida máxima, o produtor teria que investir R\$ 1.277,88 com adubos nitrogenados e fosfatados. Porém, convém salientar que receitas líquidas não muito baixas poderiam ser obtidas mediante a diminuição significativa das doses de N e P_2O_5 aplicadas (Tabela 4). Isso pode ser interessante, pois pode ser mais seguro sob o ponto de vista ambiental (pela menor utilização de adubos químicos) e ser mais seguro sob o ponto de vista econômico (menor risco devido ao menor investimento com adubos).

Diminuindo a dose de 120 $kg\ ha^{-1}$ de N pela metade (60 $kg\ ha^{-1}$ de N) e a dose de P_2O_5 permanecendo em 106 $kg\ ha^{-1}$ (Tabela 4), o agricultor teria uma diminuição de 4,7% na produção (passava de 14.401 para 13.730 espigas ha^{-1}) e de 3,8% na receita líquida (passava de R\$ 49.124,53 para R\$ 47.280,32), mas o investimento com adubos diminuiria de R\$ 1.277,88 para apenas R\$ 773,76 (queda de 39,4%). Pelo exposto, pode-se concluir que para a cultura do milho verde no município de Baraúna-RN, a recomendação de adubação aplicando-se de 60 $kg\ ha^{-1}$ de N + 106 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 é a de máxima eficiência econômica, pois combina de maneira sustentável uma boa receita líquida com o menor gasto com

Tabela 4. Peso estimado de espigas empalhadas comercializáveis (PEEC), receita bruta (RB), gastos com fertilizantes nitrogenados e fosfatados e receita líquida em função de doses N e de P₂O₅ aplicadas ao solo.

Dose de N	Dose de P ₂ O ₅	PEEC	RB	Gasto com fertilizantes	Receita Líquida
-----kg ha ⁻¹ -----		-----R\$-----			
0	0	5.348	18.718,00	0,00	18.718,00
30	30	9.445	33.056,38	328,92	32.727,46
30	60	11.959	41.857,80	404,52	41.453,28
30	90	13.228	46.296,46	480,12	45.816,34
30	106	13394	46.879,87	520,44	46.359,43
30	120	13.249	46.372,38	555,72	45.816,66
60	30	9.780	34.230,60	582,24	33.648,36
60	60	12.295	43.032,01	657,84	42.374,17
60	90	13.563	47.470,68	733,44	46.737,24
60	106	13730	48.054,08	773,76	47.280,32
60	120	13.585	47.546,59	809,04	46.737,55
90	30	10.116	35.404,81	835,56	34.569,25
90	60	12.630	44.206,23	911,16	43.295,07
90	90	13.899	48.644,89	986,76	47.658,13
90	106	14065	49.228,30	1.027,08	48.201,22
90	120	13.920	48.720,81	1.062,36	47.658,45
120	30	10.451	36.579,03	1.088,88	35.490,15
120	60	12.966	45.380,44	1.164,48	44.215,96
120	90	14.234	49.819,11	1.240,08	48.579,03
120	100	14.380	50.329,16	1.265,28	49.063,88
120	101	14.387	50.353,50	1.267,80	49.085,70
120	102	14.392	50.373,00	1.270,32	49.102,68
120	103	14.396	50.387,65	1.272,84	49.114,81
120	104	14.399	50.397,45	1.275,36	49.122,09
120	105	14.401	50.402,41	1.277,88	49.124,53
120	106	14.401	50.402,51	1.280,40	49.122,11
120	107	14.399	50.397,77	1.282,92	49.114,85
120	108	14.397	50.388,18	1.285,44	49.102,74
120	109	14.392	50.373,75	1.287,96	49.085,79
120	110	14.387	50.354,47	1.290,48	49.063,99
120	120	14.256	49.895,02	1.315,68	48.579,34

Para a produção de 4,5 t ha⁻¹ de grãos de milho, as principais tabelas de recomendação de adubação em uso no país (COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO, 1989; UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 1993; RAIJ et al., 1997; CAVALCANTI et al., 1998; RIBEIRO et al., 1999; SOUSA ; LOBATO, 2004; SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004) recomendam

doses de N e de P₂O₅ que variam de 60 a 95 kg ha⁻¹ de N (média de 83 kg ha⁻¹) e 0 a 125 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (média de 24 a 85 kg ha⁻¹), de acordo com o teor de P no solo e com a tabela de recomendação de adubação. Assim, as doses de N e de P₂O₅ recomendadas pelas tabelas citadas à cima não estão muito diferentes das doses de máxima eficiência econômica encontradas neste trabalho.

CONCLUSÕES

O aumento da disponibilidade de nitrogênio e de fósforo no solo, em consequência da adubação, influencia positivamente o peso das espigas de milho verde;

A cultura responde positivamente à adubação fosfatada mais que à adubação nitrogenada, evidenciando que neste solo o fósforo é mais limitante à produção de milho verde que o nitrogênio;

As doses de máxima eficiência econômica recomendadas para a produção de espigas verdes empalhadas comercializáveis foram estimadas para a aplicação de 60 kg ha⁻¹ de N + 106 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B., VON PINHO, R. G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Journal of Bioscience**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica, DNPEA. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife: Convênio MA/DNPES-SUDENE/DRN, MA/USAID/BRASIL. 1971. 531p. (Boletim Técnico, 21).
- CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Ed.). **A cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 147-185.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Adubação nitrogenada no Estado de São Paulo. In: SANTANA, M. B. M. (Coord.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1986, p. 47-49.
- CARDOSO, M. J. et al. Produtividade de espiga verde de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2 (Suplemento - CD ROM), p. S3786-S3789, 2010.
- CAVALCANTI, F. J. A. C. (Coord.). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco 2ª aproximação**. Recife: IPA, 1998, 198 p.
- COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. Salvador: CEPLAC; EMATER-BA; EMBRAPA; EPABA; NITROFÉRTIL, 1989. 173 p.
- CRUZ, J. C. et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 12 p. (Circular Técnica, 87).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa SPI, 1999. 412 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212 p.
- FERREIRA, A. C. et al. Características agrônomicas e nutricionais do milho adubado com nitrogênio, molibdênio e zinco. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 131-138, 2001.
- FRANÇA, G. E. et al. In: SANTANA, M. B. M. (Coord.). **Adubação nitrogenada no Brasil**. Ilhéus: CEPLAC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1986. p. 107-124.
- FREIRE, F. M. et al. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n. 3, p. 213-222, 2010.
- IBGE. Perfil dos municípios brasileiros: pesquisa de informações básicas municipais 2008. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 out. 2011.
- LUCENA, L. F. C. et al. Resposta do milho a diferentes dosagens de nitrogênio e fósforo aplicados ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 334-337, 2000.
- MONTEIRO, M. A. R. et al. Níveis de nitrogênio e lâminas de irrigação no rendimento do milho verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 6, p. 741-749, 1989.
- PEREIRA, R. G. **Produção de sorgo granífero adubado com nitrogênio e fósforo na Chapada do Apodi-RN**. 2011. 81 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia: Área de Concentração em Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011.
- PINHO, L. de. et al. Qualidade de milho verde cultivado em sistemas de produção orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 7, n. 3, p. 279-290, 2008.
- RAIJ, B. V. et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundação IAC, 1997. 285 p. (Boletim técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

SAEG. Sistema para Análises Estatísticas. Versão 9.1. Viçosa: UFV, 2007.

SIGMAPLOT for Windows: versão 10.0. Systat Software, 2007.

SILVA, P. S. L. et al. Efeitos de níveis de nitrogênio e da aplicação de deltametrina sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Revista Ceres**, v. 47, n. 269, p. 75-87, 2000.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 452-455, 2003.

SILVA, P. S. L.; SILVA, P. I. B. Parcelamento da adubação nitrogenada e rendimento de espigas verdes de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 149-152, 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO; COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: SBCS; NRS, 2004. 400 p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Recomendações de adubação e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza: UFC, 1993. 247 p.

VELOSO, M. E. C. et al. Doses de nitrogênio na cultura do milho, em solos de várzea, sob sistemas de drenagem subterrânea. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 5, n. 3, p. 382-394, 2006.