Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Doses e formas de aplicação de fósforo na cultura do milho

Doses and forms of application of phosphorus in corn crops

Lucas Ribeiro Castro[1], Tadeu Cavalcante Reis[1], Osvaldo Fernandes Júnior[1], Ramon Brenner Silva de Almeida[1], Demontier Santos Alves[1]

[1]Universidade do Estado da Bahia – UNEB. Rodovia BR 242, S/N, Loteamento Flamengo, Barreiras – Bahia, CEP: 47800-000. E-mail: ribeiro.lucas92@gmail.com

Recebido em: 21/08/2014 Aceito em:04/06/2015

Resumo. Objetivou avaliar as doses e formas de aplicação de fósforo (P) no desenvolvimento da cultura do milho. Os tratamentos foram compostos por um esquema fatorial 2 x 4 em blocos testando duas formas de aplicação: a lanço (L) e no sulco de plantio (S) e quatro doses da adubação fosfatada: 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose recomendada para adubação corretiva (100 kg ha^{-1} P_2O_5), com quatro repetições. As variáveis analisadas foram: peso médio das espigas, massa de mil grãos e a produtividade total. Em todas as variáveis estudadas, houve efeito isolado para o modo de aplicação e para as doses de P. A aplicação do fertilizante fosfatado a lanço foi superior à aplicação no sulco em todas as variáveis estudadas, evidenciando que este modo de adubação fosfatada resultou em maior crescimento das plantas de milho. A dose de 94,2 kg P_2O_5 ha^{-1}, aplicada a lanço, propiciou produtividade máxima de grãos de milho.

Palavras-chave: adubação, solo, superfosfato triplo

Abstract. The objective of this research, to evaluate the doses and forms of application of phosphorus (P) in the development of the culture of corn. The treatments were composed of a factorial 2 x 4:00 pm blocks testing two forms of application: throw (L) and furrow planting (S) and four doses of phosphate fertilization: 0.0; 0.5; 1.0 and 1.5 times the dose recommended for corrective fertilizer (100 kg ha^{-1} P_2O_5), with four replicates. The variables analyzed were: average weight of spikes, mass of thousand grains and full productivity. In all the variables studied, there were isolated effect to the implementation and to the doses of P. The application of phosphatic fertilizer on the throw was higher than the application in furrow in all the variables studied, showing that this mode of phosphate fertilization resulted in increased plant growth of corn. The dose of 94.2 kg P2O5 ha^{-1}, applied to throw, provided maximum productivity of corn.

Keywords: fertilization, soil, triple superphosphate

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de milho do mundo. Na safra 2012/13 a área semeada estimada no período das chuvas foi de, aproximadamente, 15,4 milhões de hectares, produzindo nessa área cerca de 76,1 milhões de toneladas (Conab, 2013). Na região Nordeste, a Bahia foi o Estado com maior participação na produção regional, com 2,17 milhões toneladas em uma área de 605,0 mil hectares (Conab, 2013), com destaque para a região Oeste do Estado, onde a agricultura encontra-se em expansão, aproveitando a vasta extensão de área do cerrado e concentrando grande produção de grãos, fibras e carne, possibilitando assim o crescimento do agronegócio (Rocha, 2013). Além do aspecto econômico, a cultura do milho é extremamente importante em termos agronômicos, como opção para rotação de culturas.

Apesar de números promissores, alguns fatores nos solos do cerrado, apresentam limitações na obtenção de maiores produtividades; entre eles, a baixa fertilidade, baixo teores de matéria orgânica, Ca, Mg e K, além de alta acidez e deficiência de P, impedindo o crescimento das raízes e das plantas (Cruz, 2013). É importante destacar a elevada capacidade de P na fase sólida desses solos e o conteúdo de óxido de ferro e alumínio, capazes de reter íons fosfato em formas de baixa labilidade (Valderrama et al., 2011). Com isso, faz-se necessário o uso de elevadas doses de P. Nesse sentido, é de suma relevância citar, que uma das principais dificuldades para o cultivo de milho no cerrado, é a baixa disponibilidade de P nos seus

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

solos, aliado ao baixo teor de matéria orgânica, o que caracteriza um sério problema principalmente para pequenos produtores que dispõe de recursos escassos.

Na cultura do milho, o P é menos exigido em termos de quantidade se comparado ao N e K. No entanto, o P é um nutriente determinante na produção de grãos, sendo que, de 80 a 90% do seu total absorvido pelas plantas de milho são exportados para os grãos, o que indica a necessidade de reposição constante desse nutriente (Resende et al., 2006).

Baseado em tais informações, é importante destacar a influência da forma de aplicação do fertilizante, uma vez que alguns autores recomendam a aplicação de fosfato solúvel de forma localizada no sulco de semeadura (Prado et al., 2001) para que haja maior contato do fertilizante com as raízes. Porém, devido às altas doses aplicadas em função da baixa eficiência da adubação fosfatada (30%), a aplicação em área total pode promover maior desenvolvimento para as plantas, influenciando em um maior desenvolvimento radicular. Sendo assim, fica evidente a importância de se conhecer formas do uso racional do P, evitando desperdícios e melhorando a produtividade, tornando-se necessário o conhecimento de qual dose é mais viável, bem como sua melhor forma de aplicação, para que haja maior disponibilidade nutricional e propicie uma boa absorção pela planta. O objetivo com a condução desta pesquisa foi avaliar doses crescentes e formas de aplicação de P no desenvolvimento da cultura do milho.

Material e Métodos

O ensaio foi realizado na área experimental da Universidade do Estado da Bahia, no município de Barreiras (12°08'56,7'' S; 44°57'41,5''O) Oeste da Bahia, durante o período de dezembro de 2013 a abril de 2014. O solo anteriormente cultivado com a cultura do feijão (*Vigna unguiculata* L.) é classificado como LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico (EMBRAPA, 2013), do qual foram coletadas amostras na camada de 0- 0,2 m, para basear a recomendação de adubação (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo da área experimental na profundidade de 0- 0,2 m.

pH	**P**	**K^+**	**Na^+**	**H^++Al^{+3}**	**Al^{+3}**	**Ca^{2+}**	**Mg^+**	**SB**	**CTC**	**V**	**MO**
H_2O	---mg/dm^3---		----------Cmol$_c$ dm^{-3}----------							------%------	
6,29	8,90	109,90	---	2,00	0,00	2,40	0,80	3,48	5,48	63,50	2,50
	Areia				**Silte**					**Argila**	
	---------- % ----------										
	46,80				12,90					40,30	

Extratores: P, K e Na: Mehlich I; Ca, Mg e Al : Cloreto de Potássio 1M; MO: método colorimétrico

Durante o período de condução do experimento houve ocorrências de veranicos (Figura 1), o que prejudica o desenvolvimento do milho, principalmente em fase de florescimento e enchimento dos grãos.

Os tratamentos foram compostos por um esquema fatorial 2 x 4, em que foram testadas duas formas de aplicação: a lanço (L) e no sulco de plantio (S) e quatro doses da adubação fosfatada: 0,0; 0,5; 1,0 e 1,5 vezes a dose recomendada de adubação fosfatada (100 kg ha^{-1} P_2O_5) para cultura do milho (Souza e Lobato, 2004), baseada no teor de P no solo e na quantidade de argila. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, perfazendo um total de 32 parcelas experimentais, sendo as mesmas compostas por cinco fileiras de 3 m de comprimento, espaçadas 0,80 m entre si, com as três fileiras centrais constituindo a parcela útil, com uma área de 4,80 m^2.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

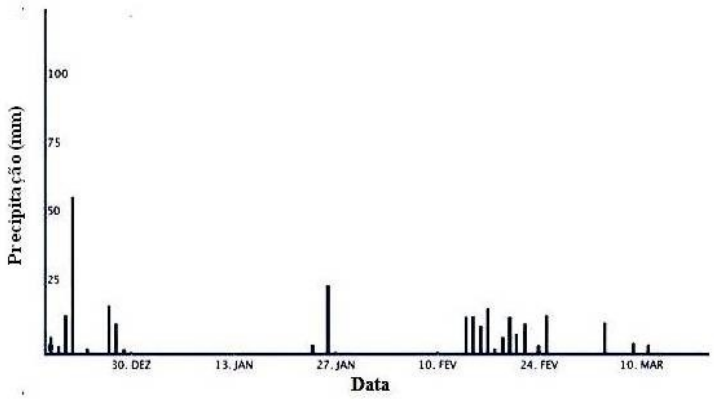

Figura 1. Dados pluviométricos da área experimental, referentes ao período de condução do experimento.

O preparo do solo consistiu de uma gradagem, não sendo necessária aplicação de calcário devido os níveis de Ca, Mg, V e pH estarem satisfatórios, assim como o K, que não precisou de adubação. Em seguida foram abertos os sulcos de semeadura (5,0 cm de profundidade), onde se aplicaram as doses de P em cada parcela, de acordo com a forma de aplicação para cada tratamento, utilizando-se como fonte o superfosfato triplo (45% de P_2O_5).

A variedade de milho utilizada foi a AL Bandeirante, que é uma variedade cujo ciclo é de 110 a 120 dias em média, possui baixo índice de acamamento, suporta bem o adensamento sem comprometer a produtividade, tem alta rusticidade podendo ser cultivada em solos de baixa a alta fertilidade, além de ser cultivada em todo território brasileiro. A semeadura foi realizada manualmente, distribuindo as sementes de milho dentro do sulco. O desbaste foi realizado aos dez dias após a emergência, feito manualmente, priorizando as plantas com maior vigor. Foram feitas duas aplicações de cobertura de adubação nitrogenada, a primeira quando as plantas apresentavam-se com 6 a 8 folhas (31 dias após o plantio) e a segunda com 15 dias após primeira aplicação, ambas com a dose de 50 kg ha^{-1} de N (Malavolta et al., 2002), utilizando-se a ureia como fonte. A cultura foi conduzida em sistema de sequeiro e foram adotados tratos culturais como carpina, para controle de plantas espontâneas e aplicação de inseticida a base de clorpirifós, na dose de 0,6 L ha^{-1} do produto comercial, para controle de lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*). A colheita foi realizada manualmente aos 130 dias após o plantio.

As variáveis analisadas foram: número de grãos por espiga (NGE), sendo retiradas amostras aleatórias compostas por dez espigas de milho retiradas em dez plantas diferentes em cada parcela, em seguida fez-se a contagem dos grãos de cada espiga e calculou-se a média de grãos por espiga; massa de mil grãos (MMG), determinada a partir da contagem e pesagem de mil grãos; e a produtividade total de cada tratamento (PT), sendo o peso da produção de cada tratamento e estimado em Mg ha^{-1}, a 13 % de umidade. Após coletados, os dados foram submetidos à análise de variância e à aplicação do teste de Tukey ($p<0,05$), para o fator forma de aplicação e análise de regressão para o fator doses.

Resultados e Discussão

Em todas as variáveis estudadas, houve efeito isolado para o modo de aplicação e para as doses de P (Tabela 2).

Vários fatores influenciam a adubação fosfatada, como a umidade do solo, teor de fósforo no solo, quantidade aplicada e a forma de aplicação, sendo que, os fatores podem ou não influenciar no outro, porém, são determinantes para uma boa produtividade. A aplicação do fertilizante fosfatado a lanço foi superior à aplicação no sulco em todas as variáveis estudadas (Tabela 3).

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Tabela 2. Resumo da análise de variância, com os valores de probabilidade de significância para número de grãos por espiga (NGE), produtividade total de grãos (PT) e massa de mil grãos (MMG), considerando doses e formas de aplicação de fertilizante fosfatado ao solo.

FV	NGE	PT	MMG
Formas de aplicação	0.044*	0.0097**	0.0373*
Doses	0.0031**	< 0.001**	0.0016**
Formas x Doses	0.179 ns	0.1866 ns	> 0.050 ns
Blocos	0.0195*	0.129 **	0.0243**
CV%	10,87	23,76	6,24

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$) *Significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) ns = não significativo

Tabela 3. Valores médios de produtividade total de milho (PT), número de grãos por espigas (NGE) e massa de mil grãos (MMG), cultivado sob diferentes formas de aplicação de fertilizante fosfatado.

Formas de Aplic.	NGE	MMG (g)	PT (Mg ha^{-1})
Sulco	396,21 b	337,81 b	3,10 b
Lanço	430,23 a	354,81 a	3,94 a
dms	32,02	15,90	0,615

As médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ($p<0,05$).

A razão para a aplicação no sulco ter sido superior pode está relacionada ao fato de que, o adubo fosfatado, quando aplicado em um maior volume de solo, resulta em efeito positivo por propiciar maior desenvolvimento das raízes (Klepker e Anghinoni, 1996), além disso, em algumas culturas promove maior perfilhamento (Resende et al., 2011; Teixeira et al., 2015). Valadão et al. (2015) avaliando a adubação fosfatada no milho, contataram que a aplicação a lanço propiciou maior área radicular.

A explicação para os resultados obtidos, provavelmente, não se deve à causa isolada, mas a uma combinação de fatores. Deve-se considerar inicialmente a ocorrência de deficiência hídrica durante a condução do experimento (Araújo et al., 2003).

A resposta ao fornecimento de nutrientes é altamente dependente das condições de umidade do solo ao longo do ciclo da cultura, especialmente no caso do fósforo e potássio, que dependem do fluxo difusivo no solo para serem absorvidos pela planta (Novais e Smyth, 1999). Um maior desenvolvimento das raízes ajuda a planta na busca por água e nutrientes em camadas mais profundas do solo.

Em relação às variáveis produtivas do milho, constatou-se diferenças entre as doses de P. O número de grãos por espiga (NGE) foi influenciado pelas doses de P, e a forma de aplicação a lanço foi superior no incremento dessa variável nas plantas (Tabela 3; Figura 2). Na análise de regressão, observou uma tendência quadrática, sendo que, os maiores números de grãos por espiga foram obtidos com a aplicação de 89,86 kg ha^{-1} de P_2O_5 a lanço. Kaneko et al. (2014) não encontraram resposta do algodoeiro em cultivo adensado à adubação fosfatada realizada em sulco de semeadura utilizando o superfosfato triplo.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

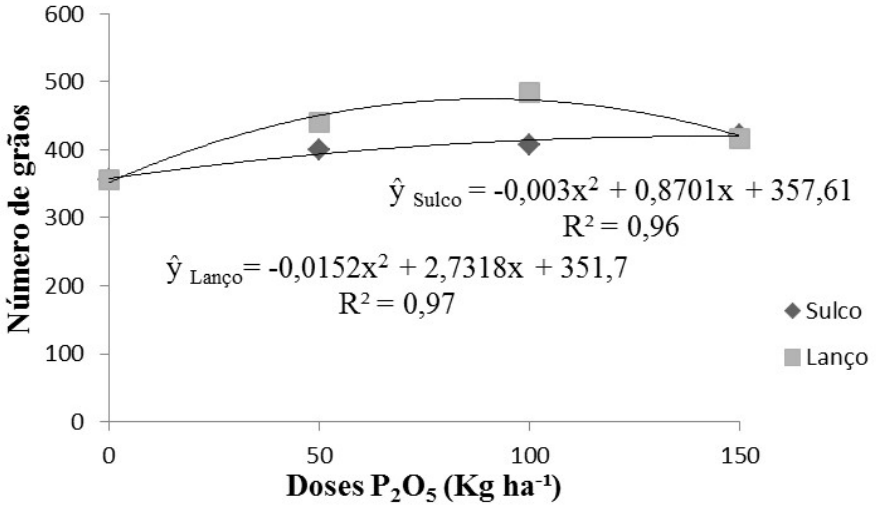

Figura 2. Número de grãos por espiga (NGE) de milho cultivado sob doses e formas de aplicação de P.

A deficiência nutricional tem grande influência sobre os componentes de produção da cultura do milho (Sangoi et al., 2007; Carneiro et al., 2008), como o número de grãos por espiga. Nesse caso, doses maiores de P, podem ter causado desordem nutricional, fazendo como que em certo ponto o número de grãos por espiga começasse a diminuir.

Assim como no número de grãos por espigas, a aplicação a lanço mostrou-se superior à aplicação no sulco, quando estudados o efeito das doses na massa de mil grãos (MMG). Porém, as equações de regressão se comportaram de forma linear (Figura 3).

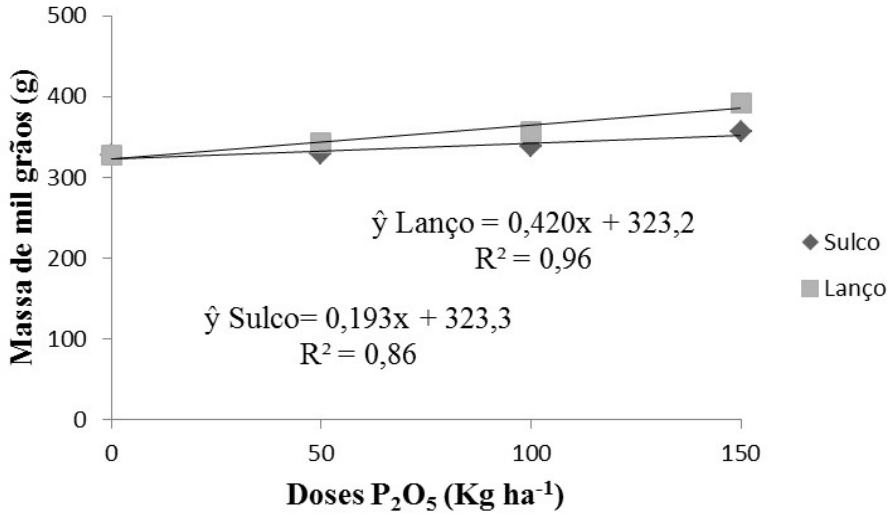

Figura 3. Massa de mil grãos (MMG) de milho cultivado sob doses e formas de aplicação de P.

Há um aumento linear da absorção de nutrientes conforme aumento da produtividade, no qual, de 80 a 90% do P absorvido é translocado às sementes (Coelho, 2006). Isso justifica o aumento da massa de grãos, uma vez que, o P aumenta a eficiência do N absorvido o qual se une às cadeias carbônicas, incrementando, assim, a formação de novos tecidos (Taiz e Zeiger, 2004). Deficiência de P interfere diretamente no desenvolvimento das raízes, espigas e dos grãos (Berger, 1993; Coelho et

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

al., 2002), bem como a sua disponibilidade em níveis e formas adequadas propiciará em melhores desempenhos desses fatores.

A produtividade total (PT) de grãos apresentou, para a forma de aplicação a lanço, resposta quadrática às doses de P_2O_5 no solo, sendo que a aplicação no sulco comportou-se de forma linear (Figura 4).

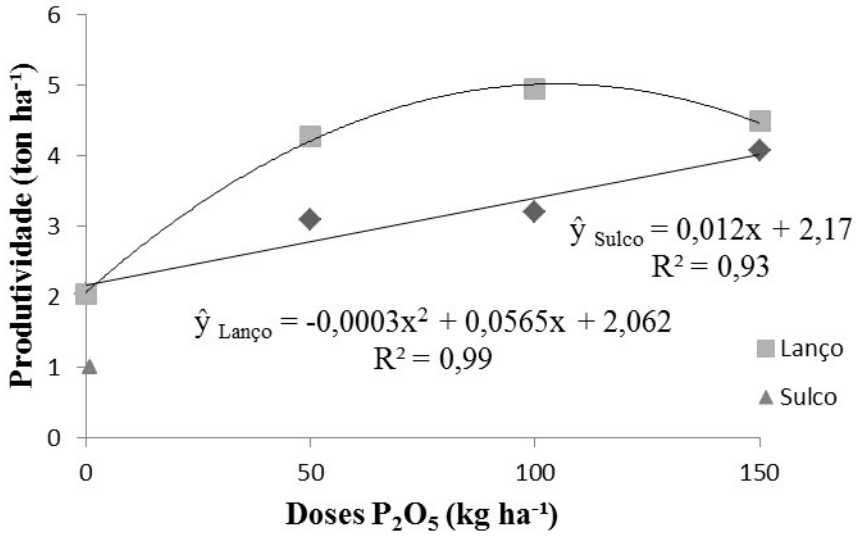

Figura 4. Produtividade total (PT) de milho cultivado sob doses e formas de aplicação P.

De modo geral, estes resultados estão em concordância com o trabalho de Barreto e Fernandes (2002), que ao estudar a produtividade e absorção de P por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro, observaram que as plantas adubadas a lanço produziram maior quantidade de grãos e apresentaram menor demanda de adubos fosfatados para alcançar o máximo de produtividade. Morelli et al. (1991), avaliando o efeito de doses de adubo fosfatado aplicadas a lanço e no sulco de plantio da cana-de-açúcar, verificaram que a aplicação a lanço resultou em maiores produtividades. Em trabalho realizado por Araújo et al. (2003), os autores obtiveram menores produtividades em plantas de milho adubadas com superfosfato triplo no sulco de plantio.

A explicação para menor produtividade de grãos quando realizada adubação no sulco de semeadura, pode estar relacionada aos efeitos da interação P x Zn sobre o metabolismo do milho. O excesso de P nas proximidades das raízes, liberado pela rápida solubilização do superfosfato triplo, pode provocar inibição da absorção e translocação de Zn (Bull, 1993; Malavolta et al, 1997) ou ocasionar desbalanço interno entre nutrientes (Samner e Farina, 1986; Araújo et al., 2003). Estudo realizado por Maia et al. (2003) constatou que doses maiores de fósforo afetam o acúmulo de todos os macronutrientes em frutos de banana. Em relação à aplicação no sulco ter se comportado de forma linear, pode estar relacionado ao fato de o fósforo disponível para as plantas não ter sido o suficiente para chegar ao ponto de reduzir a produtividade.

Segundo a equação de regressão estimada para a aplicação a lanço, a produtividade máxima de grãos obtida seria de 4,72 Mg ha^{-1}, para uma aplicação de 94,2 kg ha^{-1} de P_2O_5. Essa produtividade alcançada está acima da média na Bahia, que de acordo com dados da Seagri, em 2013 foi de 3,71 Mg ha^{-1}. Observa-se que na aplicação a lanço, a produtividade máxima foi alcançada com a dose próxima à recomendada (100 Kg P_2O_5 ha^{-1}). Rocha et al. (2013) avaliando o teor de P na cultura do milho em função de suas doses, em Barreiras - BA, observaram o efeito quadrático nessa variável, sendo a dose de 120 kg ha^{-1} a que possibilitou maior absorção de P pela planta. Viana et al. (2011), obtiveram resultados de produtividade de grãos de feijão em função de doses de P, com efeito significativo em modelo quadrático.

Revista Agrarian
ISSN: 1984-2538

Conclusão

O aumento das doses de P propiciou maior número de grãos por espiga, massa de mil grãos e produtividade total.

A adubação de P a lanço, resultou em maior produtividade de milho comparativamente à adubação no sulco de plantio.

A dose de 94,2 kg P_2O_5 ha^{-1}, aplicada a lanço, propiciou produtividade máxima de grãos de milho.

Referências

ARAÚJO, I.B.; RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A. A. E.; ALVES, V. M. C.; SANTOS, J.Z.L. Fontes e modos de aplicação de fósforo na produção e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo. **Revista Ceres**, v. 50, n. 287, p.27-39, 2003.

BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Produtividade e absorção de fósforo por plantas de milho em função de doses e modos de aplicação de adubo fosfatado em solo de tabuleiro costeiro**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 151-156, 2002.

BERGER, K.C. **Seja doutor do seu milho.** Informações Agronômicas. n.63, set. 1993. (Arquivo do Agrônomo, 02).

BÜLL, L.I. **Nutrição mineral do milho**. In: Büll, L.T; Cantarella, H. (eds). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p.63-145.

COELHO, A. M. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento, 2006. p. 1-10. (Circular Técnico, 78).

COELHO, A.M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G.V. E.; ALVES, V.M.C. **Cultivo do milho: Diagnose foliar do estado nutricional da planta.** Sete Lagoas, MG: Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento, 2002. P 1-10. (Comunicado Técnico, 45).

CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php> . Acesso em: 12 dez. 2014.

CRUZ, F.A.A. **A importância do cultivo do milho na sustentabilidade do agronegócio.** Fundação Bahia, 2013.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

KANEKO, H.F.; LEAL, A.J.F.; DIAS, A.R.; ANSELMO, J.L.; BUZETTI, S.; DAL BEM, E.A.; GITTI, D.C.; NASCIMENTO, V. Resposta do algodoeiro em cultivo adensado a doses de nitrogênio, fósforo e potássio**. Revista Agrarian**, v.7, n.25, p.382-389, 2014.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Modos de adubação, absorção de nutrientes e rendimento de milho em diferentes preparos de solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 2, p.79-86, 1996.

MAIA, V.M.; SALOMÃO, L.C.C.; CANTARUTTI, R.B.; VENEGAS, V.H.A. Efeito de doses de nitrogênio, fósforo e potássio sobre o acúmulo de macronutrientes e a suscetibilidade da banana Prata anã ao dano mecênico. **Revista Ceres,** v. 50, n. 292. p.753-765, 2003.

MALAVOLTA, E.; GOMES, F. P.; ALCARDE, J. C. **Adubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002. 200p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MORELLI, J.L.; NELLI, E.J.; BAPTISTELLA, J.R.; DEMATTÊ, J.L.I. Termofosfato na produtividade da cana-de-açúcar e nas propriedades químicas de um solo arenoso de baixa fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.15, p.57-61. 1991.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J**. Fósforo em solos e planta em condições tropicais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção**. Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.83-90, 2001.

RESENDE, A.V.; FURTINI NETO, A.E.; ALVES, V.M.C.; MUNIZ, J.A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPARA, D.I.; SANTOS, J.Z.L.; CARNEIRO,

L.F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da Região do cerrado, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.453-466, 2006.

RESENDE, A. V.; LIMA, J. F.; RABELO, C.H.F.; RABELO, F.H.S.; NOGUEIRA, D.A.; CARVALHO, M.; FARIA JÚNIOR, D.C.N.A.; BARBOSA, L. Á. Características morfofisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em resposta à adubação fosfatada. **Revista Agrarian**, v.4, n.14, p.335-343, 2011.

ROCHA, J.R.P. **Influência de dose de fósforo no teor, estoque e características agronômicas para cultura do milho *(Zea mays* L.*)* no município de Barreiras no Oeste da Bahia.** 2013. 41 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agronômica) – Universidade do Estado da Bahia, Barreiras, 2013.

ROCHA, J.R.P.; SANTANA, C. C.; COSTA, A. A.; SANTOS NETO, A.R.; CORTE, I.S.; BATISTA, R. S. Produtividade e teor de fósforo na cultura do milho (*Zea mays* L.) em função de diferentes níveis de fósforo. Reunião Oeste de Ciência do Solo, 2. 2013. Rio Verde. **Anais...** Rio Verde: SBCS, 2013.

SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L. **Desenvolvimento e exigências climáticas da planta de milho para altos rendimentos**. Lages, 2007.

SEAGRI. Secretaria de Agricultura do Estado da Bahia. Agrossíntese: **Produção de grãos em 2014**. Disponível em:< http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/6_agrossintesev9n3_0.pdf> . Acesso em: 10 abr. 2014.

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

SUMNER, M.E.; FARINA, M.P.W. Phosphorus interaction with other nutrients and lime in field cropping systems. **Advances in Soil Science**, v.5, p. 201-36, 1986.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526p.

TEIXEIRA, P.C.; MESQUITA, I. L.; MACEDO, S. T. de; TEIXEIRA, W. G.; LIMA, W. A. A. Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v.19, n.2, p.99–105, 2015.

VALADÃO, F.C.A.; WEBER, O.L S.; VALADÃO JÚNIOR, D.D.; SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; BIACHINI, A. Adubação fosfatada e compactação do solo: sistema radicular da soja e do milho e atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, p. 243-255, 2015.

VALDERRAMA, M.; BUZETTI, S; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Fontes e doses de NPK em milho irrigado sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 254-263, 2011.

VIANA, T.O.; VIEIRA, N.M.B.; MOREIRA, G.B.L.; BATISTA, R.O.; CARVALHO, S. J. P.; RODRIGUES, H.F.F. Adubação do feijoeiro cultivado no norte de Minas Gerais com nitrogênio e fósforo. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 115-120, 2011.