

Fontes fosfatadas e micronutrientes são relevantes na cultura do milho

A utilização eficiente dos fertilizantes fosfatados promove a adoção de boas práticas de manejo do solo, as quais afetam diretamente a disponibilidade de fósforo (P) e seu uso pelas culturas. Assim como o grau de importância deste nutriente, o emprego dos micronutrientes proporcionam benefícios às plantas, pouco notados em aumento de produtividade, porém, no vigor, na tolerância às doenças e pragas e na qualidade da produção quando colhida. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento inicial de plantas de milho, submetidas a aplicação fontes fosfatadas e micronutrientes em um Latossolo Amarelo, no município de Belém/PA. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Município de Belém/PA. Foi constituído de cinco tratamentos: tratamento controle (apenas solo); aplicação de Superfosfato simples + micronutrientes; aplicação de Fosfato natural reativo de Arad + micronutrientes; aplicação de Superfosfato simples (isoladamente) e Fosfato natural reativo de Arad (isoladamente). Os tratamentos foram distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis repetições. Foram avaliados a altura da planta, diâmetro do colmo, número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, massa seca total e relação parte aérea raiz da massa fresca e seca. A altura das plantas de milho foi maior para os tratamentos com utilização Superfosfato simples, aliados ou não aos micronutrientes. Assim como para altura da planta, o diâmetro do colmo, número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca da raiz, massa fresca total e relação parte aérea raiz da massa fresca, os melhores resultados foram os tratamentos com a aplicação de Superfosfato simples + micronutrientes e aplicação de Superfosfato simples (isoladamente). Para massa seca da parte aérea e relação parte aérea/raiz da massa seca, o uso do Superfosfato simples aliados aos micronutrientes apresentou melhor desempenho. O tratamento contendo apenas o Fosfato natural reativo de Arad (isoladamente), proporcionou melhor influência para produção de MSR. Na variável massa seca total, o uso do Superfosfato simples sem o emprego dos micronutrientes alcançou a melhor média. As fontes fosfatadas, Superfosfato simples e Fosfato natural reativo de Arad, com adição dos micronutrientes, beneficiam grandemente o desenvolvimento da cultura do milho. O Superfosfato simples, com e sem aplicação dos micronutrientes, apresentam melhor eficiência para maioria dos parâmetros fitométricos nas plantas de milho, exceção à massa seca da raiz.

Palavras-chave: Milho; Fertilizantes fosfatados; Micronutrientes; Fitometria.

Phosphate and micronutrient sources are relevant in corn crop

The efficient use of phosphate fertilizers promotes good manners of soil management, whom those affect directly the disponibility of phosphate (P) and this use of the cultures. As the degree of importance of this nutrient, the exertion of the micronutrients purposes benefits for the plants, few noted and in a productivity increase, therefore, in the force, on the tolerance of diseases and plagues and in the quality of the production when reap. On this form, the work has the objective to evaluate the behavior the initial bearing of corn, submitted at phosphor hard applies and micronutrients in a Yellow Latossolus, on the city of Belém/PA. The experiment in a vegetation's house in Instituto de Ciências Agrárias of Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). The experiment was conducted of five steps: Control Treatment (just soil); application of simple superphosphate + micronutrients; natural phosphate' application reactive of Arad + micronutrients; application of simply superphosphate (single) and natural phosphate reactivated of Arad (single). The treatment was distributed in an experimental delimitation entirely randomized with six repetitions. Was measured the height of the plant, culm diameter, mulch numbers, fresh mass of air part, fresh mass of the root, total fresh mass and the relationship with the area of the root. The height of the corn was higher for the treatments with the use of the Simple Superphosphates, allied or not with the micronutrients. So as the plant height, the diameter of the colm, mulch, numbers, fresh mas of air part, fresh mas of the root, total fresh mass and the relation with the part of the root and fresh mass, the best results was the treatment with the application of the Simple Superphosphate (single). For the fresh mass of air part and the area/root of the fresh mass, the use of the Simple Superphosphate + micronutrients shows the best result. The treatment containing just the Natural Phosphate reactivated of Arad (single), provide the best influence of MSR. On the variable total fresh mass, the use of the Simple Superphosphate without the use of the micronutrients reached the best average. The Phosphate sources, Simple Superphosphate, and Natural Phosphate reactivated of Arad, with the addition of the micronutrients, it benefits highly the development of the culture of the corn. The Simple Superphosphate, with or without the use of the micronutrients, presents the better efficiency of most of the filometrical parameters with corn plants, with the exception of the fresh mass of the root.

Keywords: Corn; Phosphate Fertilizants; Micronutrients; Fitometry.

Topic: **Ciências do Solo**

Received: **12/08/2019**

Approved: **27/09/2019**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Kalyne Pereira Miranda Nascimento 
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/93590512346007>
<http://orcid.org/0000-0001-8021-4778>
kalinepnm@gmail.com

Jessivaldo Rodrigues Galvão 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0013591065769741>
<http://orcid.org/0000-0003-4242-6555>
jessigalvao50@gmail.com

Kira Figueredo Alves 
Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/4872883909714714>
<http://orcid.org/0000-0002-4447-1600>
kiraf8@gmail.com

Mateus Ferreira Barbosa 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0164857125695959>
<http://orcid.org/0000-0002-1735-9883>
mateus.ferreira1415@gmail.com

Thiago Costa Viana 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2173828234634124>
<http://orcid.org/0000-0002-6688-676X>
tiagocosta19@gmail.com

Andreza Mayra Baena Souza de Jesus 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3991687755108607>
<http://orcid.org/0000-0001-7638-2920>
andreza.baena@gmail.com

Larissa Matos Lima 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7322691238244021>
<http://orcid.org/0000-0003-2814-3372>
larissamatoslina@gmail.com

Carlos Acssio Gomes de Oliveira 
Universidade Federal Rural da Amazônia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3606709688834967>
<http://orcid.org/0000-0003-3323-5992>
carlosacassio10@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0001

Referencing this:

NASCIMENTO, K. P. M.; GALVÃO, J. R.; ALVES, K. F.; BARBOSA, M. F.; VIANA T. C.; JESUS, A. M. B. S.; LIMA, L. M.; OLIVEIRA, C. A. G.. Fontes fosfatadas e micronutrientes são relevantes na cultura do milho. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.10, n.5, p.1-14, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0001>

INTRODUÇÃO

O Brasil apesar de ser o terceiro maior produtor de milho (*Zea mays* L.), ainda possui uma produção classificada como baixa (95 milhões de toneladas), quando confrontada com os dados da China (215 milhões de toneladas) e Estados Unidos (359.502 milhões toneladas) (CONAB, 2018). Em pesquisas recentes, têm-se constatado um expressivo incremento na produtividade de grãos na cultura do milho (HORBE et al., 2013). Porém, um fato visto na prática é que a deficiência de fósforo influencia na produção agrícola, por diminuir as quantidades colhidas e promover uma baixa produtividade de grãos (RAIJ, 2011). Os baixos níveis de nutrientes presentes no solo ou a utilização inadequada de adubação e calagem são alguns dos parâmetros que podem estar veiculados à essa baixa produtividade.

A maior parte dos solos agricultáveis da região Amazônica, são considerados ácidos, de baixa capacidade de troca catiônica e baixa fertilidade, muito em função das altas temperaturas e elevadas precipitações. Desse modo, o solo pode ser um fator limitante para a produtividade nos sistemas de produção agrícola desta região (CUNHA, 2005).

O uso de fertilizantes fosfatados junto a adoção de boas práticas afeta definitivamente a disponibilidade de fósforo no solo e o seu uso nos cultivos (SOUSA et al., 2010). O fósforo é um dos elementos essenciais para as plantas, sendo presente em várias partes estruturais das células e metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP. A contribuição do fósforo para plantas é essencialmente via sistema radicular, estando sua absorção dependente da capacidade de fornecimento do solo (SOUZA, 2014). Contudo, surge a necessidade de avaliar a eficiência de fertilizantes fosfatados em diferentes formas, no sentido de proporcionar maior desenvolvimento e produtividade da cultura.

Os fosfatos solúveis ao serem adicionados ao solo possui sua eficiência reduzida ao longo do tempo (RAIJ, 2011). A utilização de fertilizantes industrializados solúveis em água prevalece, em cultivos brasileiros, como é o caso do superfosfato simples e triplo, estes fertilizantes apresentam elevada solubilidade no solo e correspondem a 95% do fósforo utilizado no país, possuindo alta eficiência em qualquer condição de solo e cultura (SOUSA et al., 2010)

Os fosfatos reativos têm se tornado uma boa alternativa para reduzir a fixação de fósforo nos solos e para adubação das plantas. Esses fosfatos são comercializados como fonte alternativa para adubação fosfatada, logo, possuem um menor custo e apresentam maior efeito residual no solo (SOUSA et al., 2008). O emprego de fertilizantes de liberação gradual pode permitir reduções nos custos de produção e menores impactos ambientais, atenuando as perdas por volatilização, lixiviação e fixação de nutrientes (VALDERRAMA et al., 2009).

A utilização de micronutrientes, é outro fator preponderante, em que a existência de resultados experimentais vem demonstrando a grande variabilidade de resposta à sua aplicação. Estes, são nutrientes exigidos em concentrações moderadamente baixas nos tecidos vegetais. As deficiências de micronutrientes em plantas podem acometer reduções sobre as produtividades das culturas, provocar até mesmo a morte das plantas por consequências naturais adquiridas de desequilíbrios nos processos metabólicos. Apesar de

que essa ocorrência seja bem mais incomum do que as deficiências de macronutrientes (RAIJ, 2011). O suprimento dos micronutrientes, às plantas, não são notados em aumento de produtividade, porém no seu vigor, na tolerância às doenças e pragas, e na qualidade da produção quando colhida (PROCHNOW et al., 2010). Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento inicial de plantas de milho, submetidos a aplicação fontes fosfatadas e micronutrientes em um Latossolo Amarelo, no município de Belém/PA.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias, da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), no Município de Belém/PA. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Afi com temperatura média anual de 26°C, com alta pluviosidade sendo a média de 2.750 mm anuais (NECHET, 1993).

O solo utilizado no experimento, coletado na camada de 0–20 cm, foi classificado como Latossolo Amarelo distrófico textura média (EMBRAPA, 2013). O mesmo foi submetido a análises químicas em laboratórios da Universidade Federal Rural da Amazônia, avaliados conforme metodologia preconizada por Embrapa (1997). Na Tabela 3 se encontram os resultados das análises químicas realizadas.

Tabela 1: Análises químicas do solo, antes da implantação do experimento.

Prof. (cm)	N (%)	pH Água	P	K (mg.dm ⁻³)	Na	Ca	Ca+Mg (Cmolc.dm ⁻³)	Al
0-20	0,05	4,6	6	22	14	0,3	0,5	1,4

Antes da implantação do experimento, as amostras do solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas na peneira de malha de 4 mm, e foram acondicionadas em vasos com capacidade de 5 dm³ de solo. Trinta dias antes do semeio realizou-se a calagem com a aplicação do calcário dolomítico (PRNT= 98%), utilizando-se o método do alumínio trocável, para a elevação do pH que se encontrava ácido o qual proporcionou a utilização de 1,22 t.ha⁻¹. Os vasos foram acondicionados em casa de vegetação, sendo irrigados quando necessário, e mantidos umedecidos com a umidade a 70% da capacidade de campo.

Após o intervalo de trinta dias, foi realizada a aplicação das fontes fosfatadas: Fosfato natural reativo de Arad (FNR), com 30% de P₂O₅, na dosagem de 300 kg.ha⁻¹ e o Superfosfato simples (SSP) com 20% de P₂O₅ na dosagem de 450 kg.ha⁻¹. Em seguida procedeu-se o semeio. Cinco dias após a germinação realizou-se a adubação nitrogenada, sendo a Ureia (45% de N) como fonte. Acrescentou-se ainda a adubação potássica, sendo a fonte o Cloreto de potássio (KCl), com 60% de K₂O, e micronutrientes, sendo o FTE BR 12 como fonte, com a seguinte composição: **Boro** (1,8%), **Cobre** (0,85%), **Ferro** (3,0%), **Manganês** (2,0%), **Molibdênio** (1,0%) e **Zinco** (9,0%). As quantidades de fertilizantes utilizados na adubação estão descritas na (Tabela 2).

As sementes de milho utilizadas no semeio, foi o híbrido 1051, empregando-se três sementes em cada vaso. As germinações tiveram início três dias após o semeio, sendo que no quinto dia completou-se o processo germinativo. Foi realizado um desbaste das plantas em excesso, dez dias após o plantio, deixando-se apenas duas plantas por vaso.

Tabela 2: Recomendações dos nutrientes por vaso, de acordo com o manual de adubação do Pará.

Recomendação	Total por vaso (g)
Calcário	3,05
Ureia	0,55
SSP (P ₂ O ₅)	1,12
KCl (K ₂ O)	0,25
FNR (P ₂ O ₅)	0,75
FTE BR 12	0,075

Em todos os tratamentos as plantas foram submetidas a irrigações diárias, de acordo com as necessidades, calculadas pelo método da pesagem dos vasos. Para calcular esse método, utilizou-se três vasos com solo, estes foram saturados com água e avaliou-se o peso dos vasos até atingir a capacidade de campo. Antes de cada irrigação diária, pesava-se três vasos, calculava a média, e subtraía o valor da capacidade de campo menos o valor atual dos vasos, o resultado era a quantidade de água repostada em cada irrigação.

O experimento foi constituído de cinco tratamentos, assim distribuídos: tratamento controle, utilizando-se apenas solo (T1); tratamento com a utilização de NPK + micronutrientes, sendo a fonte de P o (SSP) (T2); tratamento com NPK + micronutrientes, sendo a fonte de P o (FNR) (T3); tratamento com NPK, sendo a fonte de P o (SSP) (T4) e um tratamento com NPK, sendo a fonte de P o (FNR) (T5). Estes tratamentos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado distribuídos em seis repetições.

As plantas foram avaliadas aos trinta dias, sendo consideradas as variáveis respostas, altura da planta (AP), diâmetro do colmo (DC), número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa fresca total (MFT), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação parte área raiz da massa fresca e seca (RPA/R).

Para a coleta dos dados, utilizou-se uma trena graduada para a medição da altura das plantas, um paquímetro para o diâmetro do colmo, a MFPA foi determinada através da pesagem do material verde no momento do corte da planta, realizado a 6 cm acima do solo, pesadas em seguida com auxílio de balança de precisão.

A MFR foi composta após a retirada das raízes dos vasos e pesadas em seguida, após a lavagem em água corrente. O material, tanto da parte aérea como de raiz, foi acondicionado em sacos de papel e levado a estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65°C, até atingir peso constante, ocorrido em 72 horas. Pesou-se novamente para determinar os valores de massa seca. Posteriormente, foi feita a análise de variância das características avaliadas, aplicando-se o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade se utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis analisadas foram influenciadas significativamente pelos tratamentos utilizados no experimento (Tabela 3).

Tabela 3: Resumo da análise de variância para as variáveis AP, NF, DC, MFPA, MFR, MFT, RPA/RF, MSPA, MSR, MST E RPA/RS de milho (*Zea mays* L.) cultivado sob a adição de duas fontes de P e micronutrientes.

FORTE DE VARIAÇÃO	GL	MFPA	MFR	MFT	MFPA/MFR	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR
Tratamento	4	**	**	**	**	**	**	**	**
Erro	25	-	-	-	-	-	-	-	-
CV %	-	22,18	27,64	20,59	28,30	12,40	13,01	8,40	30,33

(**) significativo aos níveis de 5% de probabilidade.

Massa fresca da parte aérea

Os melhores resultados de MFPA foram o T2 com 23,77 g/vaso e T4 com 22,05 g/vaso, já os demais tratamentos não diferiram do tratamento controle (Figura 1). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

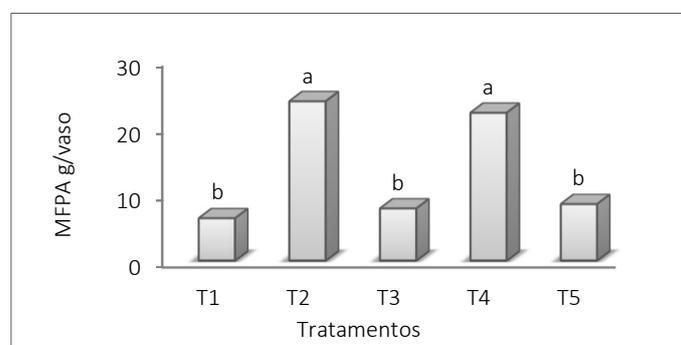


Figura 1: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MFPA em plantas de milho (*Zea mays* L.).

Os tratamentos com SSP, aliados ou não aos micronutrientes, se sobressaíram em relação aos tratamentos com FNR sem e com micronutrientes. A eficiência dos fosfatos industriais solúveis em água é maior em curto prazo, já a eficiência dos fosfatos naturais é maior com o tempo transcorrido do seu emprego no solo, pois alguns fosfatos naturais têm demonstrado eficiência semelhante aos das fontes solúveis. O efeito dos fosfatos naturais está relacionado, normalmente, com sua origem, com o tamanho de suas partículas, com as propriedades do solo, com a cultura a ser implantada e com o tempo decorrido da sua aplicação (HOROWITZ et al., 2004).

Nesse contexto, o fornecimento do P influencia tanto na formação dos frutos, no crescimento e na formação de ATP. O ATP é importante para a realização das atividades fisiológicas das plantas, sendo uma fonte de energia para as células utilizarem em seus processos, assim o P torna-se essencial para o desenvolvimento da parte aérea das plantas (SAMPAIO, 2016).

Borges (2006), constatou-se que a absorção de nutrientes em plantas milho, relata que o acúmulo dos micronutrientes como, Cu, Mn e Zn na parte aérea de dois cultivares de milho (GNZ 2004 e P 30F33), foi quase nulo até os 29 dias após a emergência, sendo que o maior acúmulo foi obtido somente após os 100 dias, infere-se que isso pode ter ocorrido nesse experimento, onde nos tratamentos T2 e T3 com a aplicação

de micronutrientes apresentaram resultados semelhantes aos tratamentos sem a aplicação.

Resultados encontrados por Melo et al. (2018), avaliando o efeito de fontes e doses de fósforo na produção do capim Massai, verificou-se que a fonte rejeito de rocha fosfática (RRF) de baixa solubilidade, foi a que menos influenciou na produção de MFPA no capim massai, isso já era esperado no trabalho, pois a fonte SFT é a que apresenta maior solubilidade de P, apresentando melhores resultados. Resultados semelhantes foram verificados no experimento, onde os tratamentos submetidos a fonte de menor solubilidade o FNR apresentaram os menores resultados e os tratamentos submetidos a fonte SSP de maior solubilidade apresentaram melhor desenvolvimento da parte aérea.

Massa fresca da raiz

Para MFR o T2 apresentou 23,83 g/vaso e T4 23,89 g/vaso, sendo estes iguais estatisticamente, os demais tratamentos não se diferiram do tratamento controle (Figura 2). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

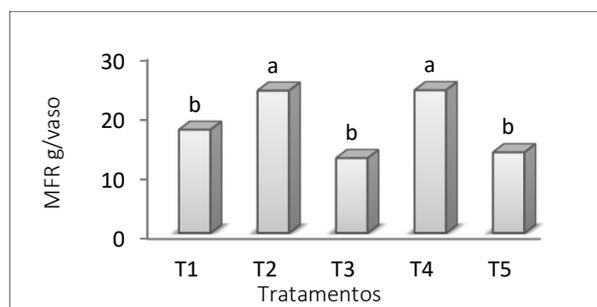


Figura 2: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MFR em plantas de milho (*Zea mays* L.).

Os melhores resultados nos tratamentos com a utilização Superfosfato simples, aliados ou não aos micronutrientes, pode ser referente ao fato do Superfosfato simples ser uma fonte solúvel e por ter sido aplicado antes do plantio do milho, ficando disponível à planta, com isso, suprimindo as necessidades iniciais da cultura. Novais et al. (2007), citam que os fosfatos de baixa solubilidade, por apresentarem menor disponibilidade imediata no solo, tornam-se insuficientes para manter uma concentração mínima de P na solução do solo e junto à raiz, isso proporciona um menor desenvolvimento radicular.

O fósforo influencia no aumento do sistema radicular em plantas de milho (FIDELIS et al., 2009). Assim como Crusciol et al. (2005), citam que a taxa de crescimento radicular, a concentração do P na solução do solo e raio médio das raízes são citados como os principais fatores que afetam a absorção de P pelas plantas.

Massa fresca total

Assim como ocorreu nos parâmetros anteriores, as maiores médias foram verificadas nos tratamentos T2 com 47,60 g/vaso e T4 com 45,95 g/vaso, iguais estatisticamente, os demais tratamentos foram semelhantes e não diferiram do tratamento controle (Figura 3).

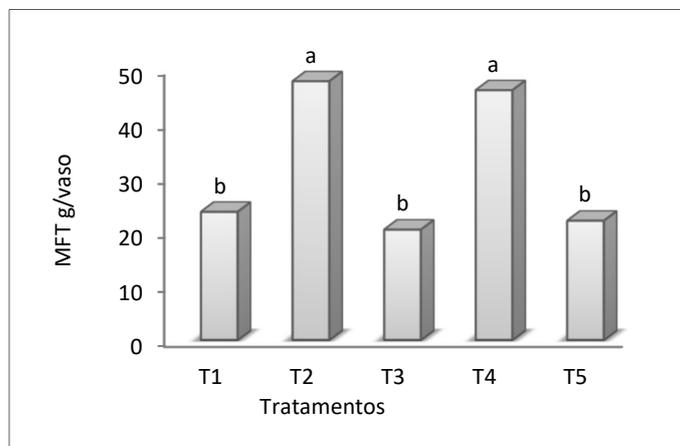


Figura 3: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MFT em plantas de milho (*Zea mays* L.).

Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

Como observados nos resultados os tratamentos com a fonte fosfatada Superfosfato Simples aliados ou não aos micronutrientes, apresentaram maior eficiência para este parâmetro. Isso pode ter ocorrido, já que as fontes de P solúveis possuem maior eficiência agrônômica em curto prazo, mas apresentam maior tendência a perdas e retenção à medida que aumenta o tempo de contato do fertilizante no solo (BHATTI et al., 2010). Segundo Vitti et al. (2005), os micronutrientes exercem funções importantes no metabolismo das plantas, são ativadores enzimáticos e fazem parte de compostos responsáveis por processos metabólicos e fisiológicos.

As plantas de milho submetidas a aplicação do FNR não se desenvolveram satisfatoriamente. Melo (2016), cita que as fontes de baixa solubilidade precisam de um maior tempo para liberação do P à solução do solo para então ser absorvido pelas plantas. Resultados encontrados por Sousa et al. (2016), utilizando quatro fontes de fertilizantes fosfatados, Termofosfato, Superfosfato triplo Convencional, Superfosfato Polimerizado e Organomineral no cultivo de milho, para a produção de massa fresca, observaram que todos os tratamentos com aplicação de fósforo apresentaram efeito significativo em relação ao tratamento controle, divergente dos resultados encontrados no experimento, em que os tratamentos com a utilização do FNR, se assemelharam ao controle. Este fato comprova os efeitos de liberação lenta do fósforo às plantas, em períodos de curta duração.

Relação da parte aérea/raiz da massa fresca

Como nas variáveis anteriores, os melhores resultados foram constatados nos tratamentos T2 com 1,07 g/vaso e T4 com 0,97 g/vaso, semelhantes estatisticamente, já o tratamento controle teve o menor desempenho (Figura 4). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

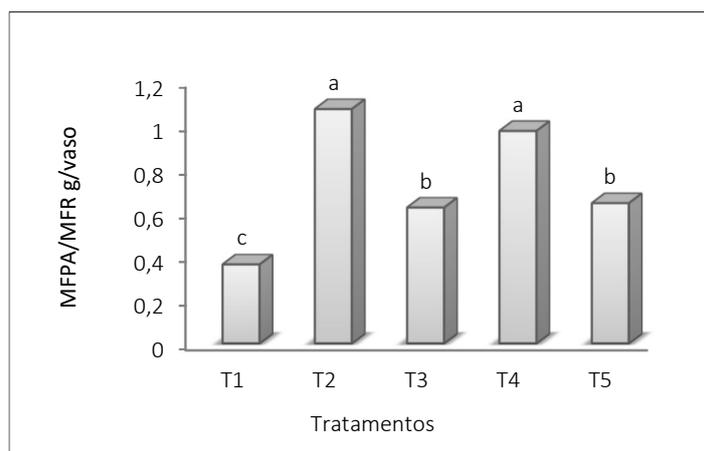


Figura 4: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MFPA/MFR em plantas de milho (*Zea mays* L.).

Os tratamentos com a fonte de maior solubilidade com e sem a presença de micronutrientes apresentaram melhor atuação para esse parâmetro quando comparado ao tratamento controle, já a fonte fosfatada de menor solubilidade utilizada nos tratamentos aliados ou não aos micronutrientes, apresentaram menor desempenho. Isso pode ser referido ao fato de que a utilização de uma fonte fosfatada de menor solubilidade, proporcionam aos solos um alto efeito residual, podendo ter um desempenho importante, promovendo a solubilidade gradual e eficiente do fósforo além do fornecimento de micronutrientes (SANTOS et al., 2012).

Dias et al. (2015), verificaram que as diferentes combinações de fosfato reativo e natural para a relação parte aérea/raiz não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos FN, FN + SS e SS em relação ao controle, indicando que a adubação fosfatada não interferiu na relação de biomassa produzida entre a parte aérea da planta e as raízes, porém, constataram que o P disponibilizado pelas fontes fosfatadas foi destinado para a parte aérea. Divergente dos resultados encontrados no experimento, já que, os tratamentos utilizados (SSP) + micronutrientes, (FNR) + micronutrientes, (SSP) e (FNR), apresentaram efeito significativo em relação ao tratamento controle na relação parte aérea/ raiz em plantas de milho.

Massa seca da parte aérea

Na variável MSPA o tratamento que apresentou o melhor resultado foi o T2 com média de 2,26

g/vaso, a menor média para essa variável foi observada no tratamento controle (Figura 5). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

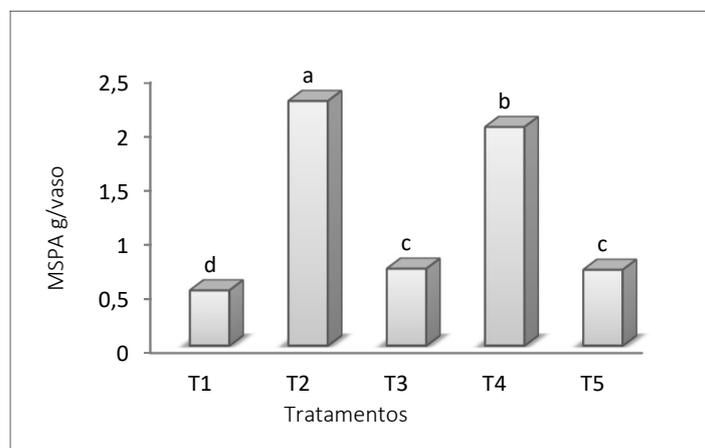


Figura 5: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MSPA em plantas de milho (*Zea mays* L.).

A atuação do tratamento com adição do SSP e micronutrientes foi superior ao tratamento com aplicação SSP e sem micronutrientes, já os tratamentos contendo FNR com e sem micronutrientes, foram inferiores aos dois tratamentos contendo o SSP, manifestando-se assim, que nesses tratamentos houveram menor disponibilidade de P às plantas do que nos tratamentos com adição do SSP. Foloni et al. (2008), afirmam que as fontes à base de superfosfatos apresentam maior solubilidade em água, motivo pela qual devem alcançar maior eficiência agrônômica a curto prazo. Segundo Veloso et al. (2012), a produtividade de milho foi superior com a aplicação de TSP em relação ao FNR, quando aplicação de P foi localizada no sulco de semeadura.

Conforme Pinotti et al. (2012), avaliando o teor de matéria seca das plantas de milho, verificaram nos tratamentos que contém Superfosfato simples e Multifosfato Socal proporcionaram os maiores acúmulos de matéria seca aos 25 dias após a emergência, e não se diferiram entre si estatisticamente. Resultados encontrados por Garcia (2014), avaliando a eficiência agrônômica das fontes de fósforo, em duas condições de solo: na ausência e presença de aplicação de calcário onde a cultura testada foi o milho, observou-se que a fonte de P superfosfato triplo apresentou os maiores índices de massa seca da parte aérea com o aumento das doses, em ambas as condições de acidez do solo, fato que corrobora com os resultados encontrados nesse experimento, onde a fonte de P solúvel apresentou melhores resultados.

Massa seca da raiz

Para MSR o melhor tratamento foi o T5 com média de 2,94 g/vaso, já os tratamentos T2 e T3 apresentaram as menores médias (Figura 6). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem

estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

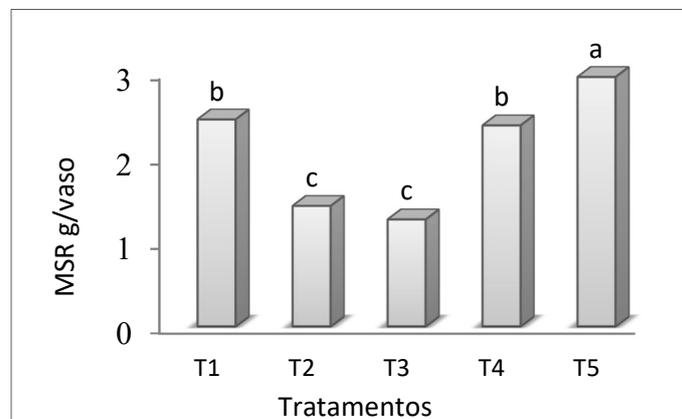


Figura 6: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MSR em plantas de milho (*Zea mays* L.)

O tratamento contendo apenas o FNR sem micronutrientes apresentou melhor desempenho para MSR em relação aos demais tratamentos, logo, o tratamento com a fonte SSP aliado aos micronutrientes e o tratamento contendo o FNR acompanhado aos micronutrientes, apresentaram um baixo potencial de produção para MSR em relação ao tratamento controle. Segundo Cantão et al. (2008), na condição de um baixo teor de fósforo, ocorreram maiores valores nas características de raízes e estas diminuíram com o aumento do teor de P no solo, tal fato pode ter ocorrido, já que em solos deficientes em P, as raízes se desenvolvem mais para explorar o maior volume de solo e para atender as necessidades nutricionais da planta. Como o FNR possui uma lenta liberação de P, Caione et al. (2011), cita que os fertilizantes fosfatados de menor solubilidade em água e de boa solubilidade em ácidos fracos, liberam o P no solo mais lentamente reduzindo sua fixação no solo, podendo ser uma fonte eficiente ao longo tempo.

Dessa forma, as fontes que apresentam características de liberação lenta ou intermediária reduzem a adsorção do P e beneficia a absorção do P pelas plantas na solução, diminuindo a concorrência entre solo e planta, porém a utilização de fontes menos solúveis só é considerada rentável se a menor solubilidade não provocar restrição no processo de difusão pelo qual garante o suprimento de P para a planta (CRUZ, 2008).

Melo (2016), avaliando o efeito de diferentes fontes e doses de fósforo na produção do capim Piatã, verificou-se, no parâmetro MSR após o terceiro corte, que as fontes SFT, FHP e FRB proporcionaram maior produção de MSR ao capim Piatã, não havendo diferença significativa entre elas. Já a fonte RRF foi a que menor proporcionou produção de MSR. Divergente dos resultados encontrados nesse experimento, onde as fontes fosfatadas utilizadas apresentaram efeito significativo para esse parâmetro.

Massa seca total

O melhor resultado para MST foi apresentado no T4 com 4,39 g/vaso e o T3 apresentou o menor

peso com 1,97 g/vaso (Figura 7). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SFS) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SFS) (T4) e tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (T5).

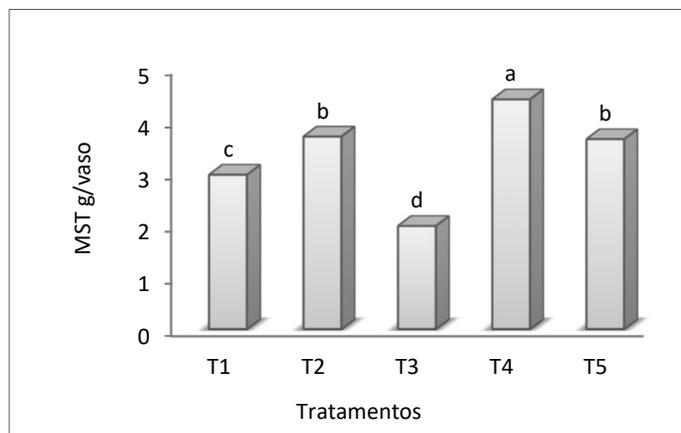


Figura 7: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na MST em plantas de milho (*Zea mays* L.).

O tratamento em que se utilizou a fonte fosfatada SFS sem a presença dos micronutrientes, apresentou maior produção de MST, tal fato pode estar relacionado a maior disponibilidade do P pela fonte solúvel e a utilização dos micronutrientes não foi observado a eficácia desta adubação para este parâmetro. As aplicações de fontes solúveis de fósforo no solo, como os superfosfatos, promovem uma disponibilidade imediata desse nutriente no solo, por isso o seu preferencial emprego nas adubações. Porém, estas fontes apresentam custo mais elevado devido ao seu processo de industrialização e a maior parte do fósforo ficará sujeita à fixação no solo, diminuindo a sua disponibilidade às plantas (LIMA et al., 2007).

Segundo Silva et al. (2014), avaliando a eficiência da fertilização fosfatada e nitrogenada em cultivares de milheto, verificaram que na produção de massa seca entre as fontes de fósforos superfosfato simples e termofosfato aplicadas no primeiro e segundo corte, foi influenciada pelas fontes de fósforo com acréscimo de massa seca quando aplicou-se o superfosfato simples ($1.351 \text{ kg de MS.ha}^{-1}$), quando comparado à outra fonte de fósforo aplicada. Corroborando com os resultados encontrados nesse experimento, onde o SSP sem micronutrientes apresentou maior desempenho para a massa seca total.

Relação parte aérea/raiz da massa seca

Para a variável MSPA/MSR, foi observado o melhor desempenho no T2 apresentando uma média de 1,64g/vaso e os tratamentos T1 e T5 apresentaram as menores médias (Figura 8). Médias seguidas de letras minúsculas, iguais, não diferem estatisticamente entre os tratamentos utilizados pelo teste de Scott Knott ($P < 0,05\%$). Tratamento controle (T1); tratamento com a fonte de P sendo o Superfosfato Simples (SSP) + micronutrientes (T2); tratamento com a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) + micronutrientes (T3); tratamento com a fonte de P sendo Superfosfato simples (SSP) (T4) e tratamento com

a fonte de P sendo o fosfato natural reativo de Arad (FNR) (T5).

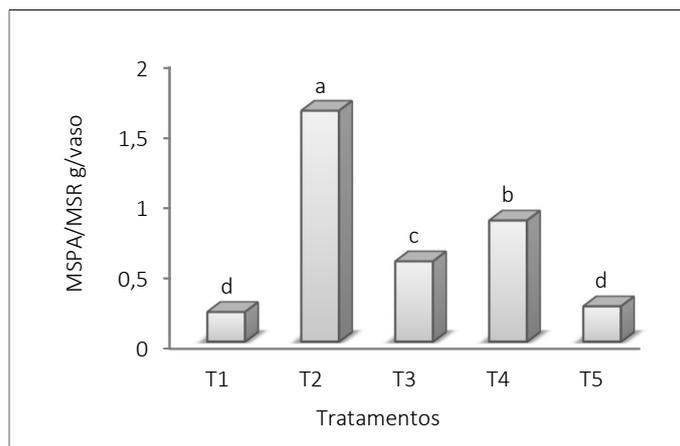


Figura 8: Efeitos dos tratamentos com a adição das duas fontes de P e micronutrientes na relação MSPA/MSR em plantas de milho (*Zea mays* L.).

A adição do SSP aliado aos micronutrientes beneficiou a RPA/RS, provavelmente esteja relacionado ao fato da fonte SSP liberar o P mais facilmente para a solução do solo e aplicação dos micronutrientes satisfazerem a necessidade de todos os nutrientes da cultura. Além disso, esta fonte fosfatada apresenta ainda como vantagem a disponibilidade do enxofre (S) para o solo e, portanto, supri as exigências das plantas com este elemento (SILVA et al., 2010).

Silva et al. (2011), avaliaram espécies de cobertura vegetal, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*, Tanzânia, Aveia preta e Tremoço, em dois tipos de solos submetido à duas fontes de fósforo, verificou-se no parâmetro relação MSPA/MSR, que as maiores relações foram com o uso do fosfato natural de Araxá (FNA) em relação ao superfosfato triplo (ST), embora significativo apenas para o *Brachiaria decumbens* e o tremoço. Divergente dos resultados encontrados nesse experimento, pois o tratamento T2 com a fonte de fósforo solúvel, apresentou maior relação MSPA/MSR, proporcionando uma maior produção de parte aérea do que de raízes.

CONCLUSÕES

As fontes fosfatadas, Superfosfato simples e Fosfato natural reativo de Arad, com a adição dos micronutrientes, beneficiam grandemente o desenvolvimento da cultura do milho. O Superfosfato simples, com e sem a aplicação dos micronutrientes, apresentam melhor eficiência para a maioria dos parâmetros fitométricos nas plantas de milho, exceção a massa seca da raiz.

REFERÊNCIAS

BHATTI, T. M.; YAWAR, W.. Bacterial solubilization of phosphorus from phosphate rock containing sulfur-mud. *Hydrometallurgy*, v.103, n.1-4, p.54-59, 2010.

BORGES, I. D.. **Marcha de absorção de nutrientes e acúmulo de matéria seca em milho**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F.;

FERNANDES, M. F.. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo vermelho amarelo. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.9, n.1, p.1-11, 2011.

CANTÃO, F. R. O.; MAGALHÃES, P. C.; ALMEIDA, Í. F.; SOARES, M. O.; ROCHA, M. C.; SOUZA, T. C. de; VINCENT, M. L.. Avaliação da morfologia radicular de genótipos de milho sob estresse de fósforo através da análise de imagens

digitais. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 27. **Anais**. Londrina: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Panorama do milho**. Brasília: CONAB, 2018.

CRUSCIOL, C. A. C.; MAUAD, M.; ALVAREZ, R. de C. F.; LIMA, E. do V.; TIRITAN, C. S.. Doses de fósforo e crescimento radicular de cultivares de arroz de terras altas. **Bragantina**, Campinas, v.64, p.643-649, 2005.

CRUZ, S. C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; PEREIRA, R. G.. Adução nitrogenada para o milho cultivado em sistema plantio direto, no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.1, p.62-68, 2008.

CUNHA, T. J. F.. **Ácidos húmicos de solos escuros da Amazônia (terra preta de índio)**. Tese (Doutorado em Agronomia Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

DIAS, D. G.; PEGORARO, R. F.; ALVES, D. D.; PORTO, E. M. V.; SANTOS NETO, J. A.; ASPIAZÚ, I.. Produção do capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.330-335, 2015.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; ERASMO, E. A. L.. Seleção de populações base de milho sob alta e baixa dose de fósforo em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.285-293, 2009.

FOLONI, J. S. S.; TIRITAN, C. S.; CALONEGO, J. C.; ALVES, J. J.. Aplicação de Fosfato Natural e Reciclagem de Fósforo por milho, Braquiária, milho e soja. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.32, p. 1147-1155, 2008.

GARCIA, L. A.. **Eficiência agrônômica de rejeitos da indústria de fertilizantes fosfatados**. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

HORBE, T. A. N.; AMADO, T. J. C.; FERREIRA, A. O.; ALBA, P. J.. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, New York, v.14, n.4, p.450-465, 2013.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J.. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: SIMPÓSIO SOBRE FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. **Anais**. Piracicaba: POTAFOS, 2003.

LIMA, S. O.; FIDELIS, R. R.; COSTA, S. J. C.. Avaliação de fontes e doses de fósforo no estabelecimento de Brachiaria brizantha cv. Marandu no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.2, p.100-105, 2007.

MELO, M. P.. **Efeito de fontes e doses de fósforo em**

gramíneas forrageiras. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2016.

MELO, M. P.; LIMA, R. C. P.; FREITAS, G. A.; LIMA, S. O.. Fontes e doses de fósforo na produção do capim massai. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.12, n.3, p.15-23, 2018.

NECHET, D.. Análise da precipitação em Belém-PA, de 1896 a 1991. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v.23, n.45/46, p.150-156, 1993.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L.. Fertilidade do solo. Viçosa/MG. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Anais**. 2007. p.471-550.

PINOTTI, E. B.; GODOY, L. J. G.; MANJI, M.. Efeito de Fontes e Doses de Fertilizantes Fosfatados na Cultura do Milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29. **Anais**. Águas de Lindóia, 2012. p.1167-1172.

PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R.. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. 3 ed. Piracicaba: IPNI, 2010.

RAIJ, B. V.. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. International Plant Nutrition Institute, 2011.

SAMPAIO, E. S.. **Fisiologia vegetal: teoria e experimentos**. Ponta Grossa: UEPG, 2016.

SANTOS, G. A.; SOUZA, R. T. X.; KORNDÖRFER, G. H.. Lucratividade em função do uso e índice de eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados aplicados em pré-plantio de cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v.28, n.6, 2012.

SILVA, A. G.; FRANÇA, A. F. S.; MIYAGI, E. S.; DAMBROS, C. E.; LOPES, F. B.. Eficiência da fertilização fosfatada e nitrogenada em cultivares de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, n.2, p.119-127, 2014.

SILVA, E. F. L.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; NUNES, A. P. L.; CARNEIRO, R. F. V.. Fixação biológica do N₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. **Bioscience Journal**, v.26, n.3, 2010.

SILVA, T. O.; FURTINI NETO, A. E.; CARNEIRO, L. F.; PALUDO, V.. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. **Semin: Ciências Agrárias**, v.32, n.4, p.1315-1326, 2011.

SOUZA, D. M. G.; REIN, T. A.; GOEDERT, W. J.; NUNES, R. S.. Fósforo. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R.. **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI, 2010. p.67-134.

SOUZA, D. M. G.; REIN, T. A.; LOBATO, E.. Solubilidade e eficiência agrônômica de fosfatos naturais reativos avaliados com a cultura da soja em um Latossolo de Cerrado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, 2. **Anais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

SOUZA, G. F.; SILVA, M. A.; BORBA, M. G.; PINHEIRO, D. P. A.; SOUZA, C. H. E.. Manejo da adubação fosfatada em cultivo

de milho integrado com sistema lavoura-pecuária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DE SOLO. **Anais**, 2016. p.49-57.

SOUZA, J. R.; RIBEIRO, B. N.; RAPOSO, T. P.; FIORIN, J. E.; CASTRO, G. S. A.; MAGALHÃES, R. S.. Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. **Acta Iguazu**, Cascavel, v.3, n.4, p.1-9, 2014.

VALDERRAMA, M.; BUZZETTI, S.; BENETT, C. G. S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.3, p.191-

196, 2009.

VELOSO, C. A. C.; FRANZINI, V. I.; SILVA, A. R. B.; SILVA, A. R. S.. **Resposta do milho à adubação fosfatada em um Latossolo Amarelo do estado do Pará**: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Embrapa Amazônia Oriental, 2012.

VITTI, G. C.; QUEIROZ, F. E. C.; QUINTINO, T. A.. Micronutrientes na cana-de-açúcar: mitos e realidades. In: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 1. **Anais**. Piracicaba: ESALQ, 2005.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.