

USO DE PSEUDOMONAS PUTIDA E PANTOEA AGLLOMERANS COMO BACTÉRIAS SOLUBILIZA- DORAS DE FÓSFORO EM LATOSSOLO

USE OF PSEUDOMONAS PUTIDA AND PANTOEA AGLLOMERANS AS PHOSPHORUS SOLUBILIZING BACTERIA IN OXISOL

Denner Junior Barbosa¹

Kevin Gentil²

Resumo: maior bioma em área total da América do Sul, esse bioma possui grande aptidão para agricultura e destaca-se a cada ano na produção de commodities agrícolas no território nacional sendo consolidada como maior produtora de soja, milho, algodão e maior rebanho bovino do país. Porém é válido salientar que há um fator limitante para a produção no cerrado que é a bai-

xa fertilidade natural do seu principal tipo de solo, , esses solos de intemperização intensa são fortemente ácidos, possuem baixa saturação de bases e predominância de óxidos de Ferro e Alumínio que adsorvem fosfatos. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência das bactérias Pseudomonas putida e Pantoea agglomerans, presentes no produto comercial Phospho Bavar-2, como poten-

1 Graduação em Engenharia Agrônoma, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

2



ciais bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP) em latossolos, agindo na conversão de fósforo não lábil em formas prontamente disponíveis as plantas. O experimento foi realizado no período de 03/11/2019 à 04/03/2020 na Fazenda experimental do IFMT Campus Sorriso em latossolo vermelho amarelo. Os tratamentos foram constituídos de diferentes doses de Superfosfato triplo em sementes tratadas com as bactérias *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans*, presentes no Bio biofertilizante BARVAR-P-2® da Green Biotech Brasil. Os tratamentos foram: T1 (Sem inoculante+100% dose adubo), T2: (Com inoculante+100% dose adubo), T3: (Com inoculante+50% dose adubo), T4 (Comm inoculante+0% dose adubo), T5: (Sem inoculante+50% dose adubo), T6: (Sem inoculante+0% dose adubo). Não foi verificado

interação significativa entre o uso do inoculante e produtividade em Kg/Ha-1. Entretanto ao comparar as médias de produtividade alcançadas no experimento com dados de produtividade a nível regional e nacional é possível verificar médias satisfatórias que podem ter relação direta ao uso do produto

Palavras Chave: Cerrado, Fósforo, Bactérias solubilizadoras, *Pseudomonas Putida* e *Pantoea agglomerans*

Abstract: largest biome in total area in South America, this biome has great aptitude for agriculture and stands out every year in the production of agricultural commodities in the national territory, being consolidated as the largest producer of soy, corn, cotton and the largest cattle herd in the world. country. However, it is



worth mentioning that there is a limiting factor for production in the cerrado, which is the low natural fertility of its main type of soil, these soils with intense weathering are strongly acidic, have low saturation of bases and predominance of iron and aluminum oxides that adsorb phosphates. The objective of this work was to evaluate the efficiency of the bacteria *Pseudomonas putida* and *Pantoea agglomerans*, present in the commercial product Phospho Bavar-2, as potential phosphorus solubilizing bacteria (BSP) in latosols, acting in the conversion of non-labile phosphorus into forms readily available to plants. . The experiment was carried out from 03/11/2019 to 04/03/2020 at the experimental farm of IFMT Campus Sorriso in red yellow latosol. The treatments consisted of different doses of triple superphosphate in seeds treated

with the bacteria *Pseudomonas putida* and *Pantoea agglomerans*, present in Biofertilizante BAR-VAR-P-2® from Green Biotech Brasil. The treatments were: T1 (Without inoculant+100% fertilizer dose), T2: (With inoculant+100% fertilizer dose), T3: (With inoculant+50% fertilizer dose), T4 (Comm inoculant+0% fertilizer dose), T5: (Without inoculant+50% fertilizer dose), T6: (Without inoculant+0% fertilizer dose). There was no significant interaction between inoculant use and productivity in Kg/Ha-1. However, when comparing the productivity averages achieved in the experiment with productivity data at regional and national level, it is possible to verify satisfactory averages that may be directly related to the use of the product.

Keywords: Cerrado, Phospho-



rus, Solubilizing bacteria, Pseudomonas Putida and Pantoea agglomerans

INTRODUÇÃO

Com uma área total de 200 milhões de hectares quadrados o cerrado é o segundo maior bioma em área total da América do Sul ocupando cerca de 22% do território nacional (CASTRO, 1999). Esse bioma possui grande aptidão para agricultura e destaca-se a cada ano na produção de commodities agrícolas no território nacional sendo consolidada como maior produtora de soja, milho, algodão e maior rebanho bovino do país (WANDER, 2016), dados da Companhia Nacional de Abastecimento, mostram que 18 milhões de hectares foram cultivadas na última safra com culturas anuais (CONAB, 2018), sendo que dessa área 16

milhões de hectares foram destinados a produção de soja (Glycine max) principal produto exportado pelo Brasil e responsável por uma receita de UUS\$ 34,78 bilhões (MAPA, 2018; SECEX, 2019). As fronteiras agrícolas do cerrado atualmente estão em expansão para áreas que possuíam pouca ou nenhuma vocação agrícola até pouco tempo, com destaque para os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, região batizada pela EMBRAPA de Matopiba, conhecida atualmente com última fronteira agrícola do Brasil (MINGOTI, 2014).

Três fatores são fundamentais para entender o sucesso agrícola no bioma cerrado, o primeiro deles é a topografia plana, característica de solos antigos e ideal para mecanização e irrigação de grandes áreas (DE OLIVEIRA, 2014), o segundo fator é devido a sazonalidade climáti-



ca, com época de secas e chuvas bem definidas e o terceiro que está ligado a expansão de novas áreas, com a grande oferta de terras com menor preço em relação a outros territórios nacionais (CUNHA, 1993; FERRO, 2013). Porém é válido salientar que há um fator limitante para a produção no cerrado que é a baixa fertilidade natural do seu principal tipo de solo, os latossolos, esses solos de intemperização intensa são fortemente ácidos, possuem baixa saturação de bases e predominância de óxidos de Ferro e Alumínio que adsorvem fosfatos, tornando esse importante macronutriente indisponível a curto prazo para as plantas.(VILAR, 2013;)

O processo de perda de P da solução do solo pode ocorrer pelas reações de precipitação e adsorção que muito dependem do seu manejo e material de origem

(RUY, 2014). No processo de precipitação o fósforo liga-se com elementos do solo como alumínio e ferro, aonde formam moléculas que precipitam e lixiviam no perfil do solo (NÚÑEZ, 2003). Já na perda por adsorção, os fosfatos se ligam a superfície de óxidos, hidróxidos e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio, presentes em grandes quantidades em solos intemperizados como do cerrado brasileiro (TOKURA, 2011). A perda de P por precipitação e adsorção consiste na passagem de P da fase lábil para a fase não lábil e denomina-se geralmente como fixação de P, essa transformação da origem aos fosfatos inorgânicos insolúveis o que diminui a disponibilidade de fósforo para as plantas levando a uma baixa eficiência na adubação fosfatada, com isso há necessidade de aplicação de grandes quantidades de adubos fosfatados, esses que



possuem preços crescentes devido ao esgotamento das reservas mundiais e são negociados em dólar, tornando o produtor refém do câmbio internacional, além do perigo potencial de contaminação ambiental, com a eutrofização de rios e lençóis freáticos pelos adubos fosfatados (KLEIN, 2012).

Uma das alternativas para se aproveitar os estoques de fósforo adsorvido no solo é o uso de biotecnologia com bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP), esses microrganismos por meio de vários mecanismos, afetam a estrutura bioquímica do solo solubilizando fosfatos inorgânicos e tornando prontamente disponível às plantas na solução do solo (SOUCHIE et al. 2007). Bactérias do gênero *Pseudomonas* e *Pantoea* utilizam do mecanismo de produção de ácidos orgânicos de baixo peso molecular capazes

de solubilizar fosfatos de ferros e alumínio em solos ácidos e intemperizados (SPERBER, 1958; EL-TARABILY, 2008; MALBOOBI et al., 2009). A principal dificuldade por parte da pesquisa é encontrar microrganismos solubilizadores de fósforo capazes de colonizar raízes das plantas de interesse agrícola de forma eficiente e formar relação de simbiose (RICHARDSON, 1995) a exemplo do que acontece com microrganismos consolidados no tratamento de sementes como as bactérias fixadoras de nitrogênio do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* que possuem afinidade com às plantas hospedeiras favorecendo a colonização das raízes por essas bactérias levando a uma consequente vantagem em relação a outros microrganismos do solo (MENDES, 2003).

Considerando que existem poucas informações a res-



peito de (BSP) na região, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência das bactérias na solubilização de fósforo em latossolo, avaliando a produtividade na cultura da soja tratadas com os microrganismos e submetidas a diferentes doses e fontes de adubos fosfatados.

HIPÓTESE INICIAL DO PROJETO

H0: O uso das bactérias solubilizadoras pode elevar a produtividade em áreas que foram feitas a redução da dose de adubo fosfatado recomendada.

H1: O uso das bactérias solubilizadoras não pode elevar a produtividade em áreas que foram feitas a redução da dose de adubo fosfatado recomendada.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar a eficiência das bactérias *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans*, presentes no produto comercial Phospho Bavar-2, como potenciais bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP) em latossolos, agindo na conversão de fósforo não lábil em formas prontamente disponíveis as plantas, verificando componentes agronômicos de produção da cultura de soja (*Glycine Max*) tratada com diferentes doses o produto.

Objetivos específicos

- Observar o uso de um produto biológico em alternativa as altas doses de adubos minerais usados no latossolo.
- Avaliar a interferência das bactérias no processo de adsorção de fósforo em solos do



cerrado.

- Verificar possível redução de gastos com adubação fosfatada com o uso de um produto de baixo custo.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Fósforo para as plantas.

O fósforo é um importante macronutriente primário das plantas que é absorvido do solo através das raízes nas formas iônicas H_2PO_4 e HPO_4 (YAMADA & ABDALLA, 2004). O fósforo é um nutriente vital para os vegetais e possui a mais variada gama de funções como estimulador do crescimento do sistema radicular, no arranque inicial das plantas e na qualidade da formação das sementes (BRESSAN & VASCONCELLOS, 2002; VILELA & ANCHINONI, 1984; BA-

TISTELLA FILHO, 2013), já nas células ele está diretamente ligado ao metabolismo energético agindo como importante armazenador de energia nos processos de fotossíntese e respiração celular, sendo componente central das moléculas de Adenosina trifosfato (ATP) dos seres vivos (SILVA, 2010), a deficiência desse nutriente nas plantas é mais difícil de diagnosticar do que os outros macronutrientes, no geral, os sintomas de deficiência severa de falta de fósforo é a diminuição na altura da planta, atraso na emergência de folhas e redução na brotação, plantas deficientes em fósforo acumulam açúcar nos tecidos e, a partir deste, sintetizam pigmentos escuros, as antocianinas, ocasionado uma coloração mais escura das folhas (ROSOLEM, 2006; BORKERT, 1994; SFREDO, 2004).



Fósforo no solo, adubos fosfatados e principais fontes.

Nos solos, o fósforo é um nutriente com pouca mobilidade e muito dependente do pH e umidade do solo para fornecer a quantidade adequada para as plantas (GATIBONI, 2003), o P presente no solo pode ser classificado como Pi – Inorgânico, que é constituído de fosfatos minerais solúveis e insolúveis e ânions fosfato adsorvidos a hidróxidos de ferro e alumínio; e o Po – Orgânico, que é constituído de inositolis-fosfatos, fosfolípidios e ácidos nucleicos presente principalmente na microbiota do solo (NAHAS, 2002; RICHARDSON, 2001). Nos solos do cerrado é comum deficiências nos níveis de P, a mineralogia e intemperização intensa fazem com que hajam predomínio de cargas positivas que fazem que

os fosfatos fiquem adsorvidos nas superfícies das argilas ou que sejam perdidos por percolação ou por erosão no perfil do solo o que faz que consequentemente a disponibilidade desse nutriente seja baixa na região (LEAL & VELLOSO, 1973; DE CAMARGO et al., 2010; VALLADARES et al., 2003).

Sendo assim, o fósforo total presente nos solos do cerrado pode ter sua fração lábil (Trocável) e não lábil (Não trocável), o que explica que mesmo que a quantidade de P total seja alta nos solos desse bioma, maior parte fica retido na superfície de outros íons, tornando apenas uma pequena fração disponível para às plantas, estima-se que os níveis de P-Total sejam de 200 a 500 vezes maior que a quantidade disponível para às plantas (LIU et al., 2006). Isso explica a baixa eficiência de adubação fosfatada



na região, onde apenas entre 10 e 20% dos adubos administrados na região sejam absorvidos pela planta, levando ao aumento de gastos por parte dos produtores e consequentes danos ambientais pelo uso de quantidades cada vez maiores de adubos fosfatos para produtividades competitivas para culturas anuais, sendo o manejo de adubação fosfatada um dos grandes desafios da produção sustentável (VANCE et al., 2003; MOURA, 2015).

A principal fonte de P para agricultura é através de rochas fosfáticas que constituem um recurso natural e não renovável, geralmente são denominados de fosfatos naturais que e são a matéria prima para produção dos principais fertilizantes fosfatados usados no país como superfosfato simples, superfosfato triplo ou fosfatos de alumínio. Esses adubos geralmente possuem altos

valores devidos aos altos custos de produção e pelo esgotamento das reservas mundiais desse tipo de rocha, fazendo o produtor refém do alto custo dessas fontes (ROLIM NETO, 2004; BAVEYE, 2015).

Fósforo na cultura da Soja (Glycine max).

Maior parte dos adubos fosfatados usadas no país são para suprir a demanda da cultura da soja (Glycine max), que constitui a principal cultura plantada no cerrado, só no estado de Mato Grosso, maior produtor nacional, apenas na última safra 10,004 milhões de hectares foram plantados com a leguminosa, sendo a maior produção da história nesse estado (CONAB, 2019), porém é válido ressaltar que assim como houve recordes em área plantada e produtividade, houve também



aumento significativo no custo médio com fertilizantes, sobretudo macronutrientes como fósforo e potássio, dados do Instituto Mato-grossense de Economia Aplicada (IMEA) mostram que da safra de 2018 para a safra de 2019 o custo médio de adubação com macronutrientes por hectare subiu de R\$: 651,92 para R\$: 806,02, um aumento de 23,63 %, puxado principalmente pela alta no dólar e aumento de preço das principais fontes fosfatadas (IMEA, 2019), nesse mesmo período o fertilizante fosfatado MAP apresentou um aumento de R\$: 269,00 por tonelada, fator determinante para que o custo médio das lavouras do estado atingissem o valor de R\$: 3.969,97, maior valor da série histórica (CEPEA, 2019), diante desse quadro de sucessivos aumentos nas fontes fosfatadas, uma das alternativas para aproveitar os estoques de

fósforo do solo é o uso de biotecnologia (MOURA et al., 2015).

Uso de Biotecnologia no fornecimento de Fósforo.

Os microrganismos passíveis de transformar o P no solo e disponibilizarem para as plantas podem ser das mais variadas classes taxonômicas, desde fungos, bactérias, protozoários e até alguns nematoides (PATIÑO-TORRES et al., 2014), há um grande destaque para os micorrizas arbusculares na disponibilização de fósforo para às plantas, a relação de simbiose desenvolvida a milhões de anos é uma das principais estratégias das plantas superiores para aquisição de fósforo em solos pobres desse nutriente, esse tipo de fungo possui o mais alto grau de especiação com as raízes das plantas, aumentando a área de exploração



através do alongamento de suas hifas no perfil do solo (POUYU-ROJAS et al., 2006; KIRIACHEK, 2009). Apesar de os fungos micorrízicos possuírem grande eficiência em aumentar as áreas de exploração das raízes no perfil do solo e consequentemente aumentar os níveis P explorado e absorvido pela planta, eles não são capazes de solubilizar o fósforo retido nas estruturas dos solos, além de que pela sua origem fúngica fica inviável a inoculação desse tipo de microrganismo nos sistemas agrícolas do cerrado, pois o uso de fungicidas, sobretudo no tratamento de sementes é imprescindível para os grandes cultivos feitos na região (CAMPOS, 2015; GUERRA NETO, 1988).

Bactérias solubilizadoras de fósforo (BSP).

As bactérias, por sua vez, constituem a maior parte dos Microrganismos Solubilizadoras de Fosfato no solo (MSF), esses podem ser simbióticos com às plantas ou de vida livre no perfil do solo e geralmente possui três modos de ação pra disponibilizar fósforo, o primeiro e mais comum é a produção de ácidos orgânicos que ajudam a reduzir o pH do solo, favorecendo a dissolução de minerais fosfóricos; o segundo é a mineralização do Fosfato Orgânico (Po) através de microrganismos que secretam as enzimas fosfatase e fitases que agem como catalisadoras da hidrólise de ésteres e anidridos do ácido fosfórico H_3PO_4 (ANTOUN, 2012) e o terceiro, através de reações de quelação em Fosfato Inorgânico (PI) em que componentes aniônicos de ácidos orgânicos são trocados pelo grupo ortofosfato de fosfatos de Ca^{2+} , Fe^{3+} e Al^{3+}



+, liberando-os no solução do solo(GOMES et al., 2010; CHEN et al., 2006). Ao sulubilizar fosfato e torna-lo disponível às plantas, esses microrganismos geralmente nutrem-se de exsudados, geralmente açúcares liberados pelo sistema radicular das plantas e o incorporam em seu metabolismo (PÉREZ, 2007). A atividade fosfatase já foi evidenciada em ampla gama de espécies de bactérias sendo os principais dos gêneros: Erwinia, Pseudomonas, Bacillus, Rhizobium, Klebsiella, Burkholderia, Serratia, Achromobacter, Agrobacterium, Micrococcus, Aereo-bacter, Flavobacterium, Enterobacter, Klebsiella, Arthrobacter, Rhodobacter, Pantotea e Klebsiella(GOLDSTAIN, 1987; OTIENO et al., 2015; SONG et al., 2008).

Apesar do grande número de espécies descritas na literatura com potencial de solu-

bilizar as reservas de fósforo presentes no solo, maior parte das vezes a população desses microrganismos não é suficiente para competir com outros presentes no perfil do solo, sendo assim, a quantidade de fósforo disponibilizado por essas bactérias não supri à a demanda de fósforo requerida pelas plantas (SIQUEIRA, 2004), uma das alternativas para contornar a baixa população desses microrganismos na rizosfera é a prática de inoculação de espécies eficazes na solubilização de fósforo, via semente ou via sulco, a exemplo das bactérias do gênero Bradyrhizobium e Azospirillum fixadoras de nitrogênio atmosférico e amplamente utilizadas no tratamento de sementes de soja (*Glycine max*) e milho (*Zea mays*) contribuindo para incremento de até 35% na produtividade das principais culturas graníferas cultivadas no cerrado



(HUNGRIA, 2011).

Vários testes considerados satisfatórios já foram realizados com inoculação de microrganismos solubilizadoras de fosfato (MSP), Estrada Bonilla (2011) observou incremento na produção de até 20% e aumento na qualidade de grãos de arroz (*Oryza sativa*) inoculados com a BSP *Herbaspirillum seropedicae*. Na cultura do milho (*Zea Mays*) a associação entre *Burkholderia sp.* e *Azospirillum brasiliensis* houve incremento na matéria seca da parte aérea além de ser verificado efeito solubilizador em *flourapatita in vitro* (DOS SANTOS, 2017). Alves e Silva Filho ao inocular fungos micorrízicos nas espécies arbóreas *Pinus* (*Pinus taeda*) e *Eucalipto* (*Eucalyptus gunni*) obtiveram incremento de produção de matéria seca na ordem de 8 a 10 vezes comparado a testemunha sem inoculação, e

aumentaram a quantidade de fósforo na parte aérea na ordem de 4 a 14 vezes, demonstrando enorme potencial desses microrganismos na disponibilização de fósforo para plantas arbóreas. Em estudo com inoculação de *Burkholderia sp.* em mudas de Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), Inui (2009), constatou além do efeito solubilizador da bactéria a produção do fitormônio vegetal ácido indolacético, hormônio promotor de crescimento nas plantas.

Embora a pesquisa nacional já tenha obtido inúmeras estirpes de microrganismos com eficácia comprovada na solubilização de fosfato, apenas recentemente foi aprovado o primeiro produto comercial brasileiro para esse fim, trata-se do inoculante líquido da empresa Bioma com o nome BiomaPhos® que possui em sua formulação cepas das bactérias *Bacillus subtilis* e *Ba-*



cillus megaterium que produzem diferentes ácidos orgânicos que solubilizam fósforo retido junto ao cálcio, ferro e alumínio dos colóides, dados divulgados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), mostram que ao inocular o produto BiomaPhos® na cultura do milho (*Zea Mays*) o ganho médio de produção foi de 8,6% quando comparado com a testemunha (OLIVEIRA et al., 2020). Vários outros produtos estão seguindo os trâmites, aguardando aprovação pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), para que possam ser registrados como inoculantes biológicos solubilizadores de fosfato, entre eles o Fosfate Barvar – 2, da empresa Green Biotech Brasil® que possui em sua composição os microrganismos objeto desse estudo.

Pseudomonas putida e Pantoea agglomerans como BSP.

São duas bactérias presentes no produto Fosfate Barvar, a primeira é *Pseudomonas putida*, bactéria Gram-negativa em forma de hastes de atividade saprofítica presente nos solos (ISHIBASHI et al., 1990), esse microrganismo foi modificado geneticamente a partir de bactérias do gênero *Pseudomonas* pelo microbiologista americano Ananda Mohan Chakrabarty na década de 70, enquanto trabalhava na General Electric para ser usado para fins de biorremediação na decomposição de hidrocarbonetos de petróleo bruto, esse microrganismo foi o primeiro ser vivo a ser patenteado no mundo, sua patente foi alvo de disputa na suprema corte americana, no famoso caso conhecido como Chakrabarty vs. Diamond,



no qual o pesquisador venceu a companhia e assegurou a patente da bactéria (ROBINSON & MEDLOCK, 2005). O segundo microrganismo presente no produto é a bactéria gram-negativa, da família Erwiniaceae, *Pantoea agglomerans* conhecida anteriormente como *Enterobacter agglomerans*, essa bactéria já é conhecida no manejo de controle biológico pela sua produção de compostos antibióticos que possuem atividade tóxica para *Erwinia amylovora*, bactéria que provoca a doença conhecida como queimadura de fogo que ataca os estigmas das flores da macieira (*Malus domestica*) (PUSEY, 2011).

As cepa P13 de *P. putida* e P5 de *P. agglomerans* usadas no produto, foram isoladas a partir da rizosfera de plantas selvagens por Mohammad (2009), para detecção da atividade fosfatase,

para isso, foi feita a diluição do solo em placas de petri cultivadas em meio Sperber,(Rao et al., 1982), após 48 horas de incubação foi verificado o halo claro ao redor das colônias de bactérias o que comprovou a eficiência dos microrganismos na solubilização de fosfato inorgânico e orgânico, além do efeito solubilizador, nessa mesma pesquisa foi evidenciado que os microrganismos sobreviveram em taxas de NaCl de até 2,5%, provando que essas bactérias sobrevivem a solos com altas taxas de salinidade, característica presente na maioria dos solos cultivados no cerrado (MALBOOBI, 2009).

O meio no qual *P. putida* usa para solubilizar fosfato foi descrito inicialmente por Pandey (2006), o solo usado na pesquisa foi de um sítio subalpino no Himalaia Central Indiano onde após inoculação dos micróbios



foi detectado no estudo a atividade das enzimas catalase e oxidase produzidas pela bactéria que catalisaram a solubilização de fosfato tricálcico in vitro, foi também detectada a presença do metabolito secundário sideróforo, que solubiliza fosfato retido em ligações com ferro. A taxa máxima de solubilização de P. putida ($247 \mu\text{g mL}^{-1}$ de P) foi observada aos 15 dias após incubação das bactérias em meio de cultura. Além do efeito solubilizador, foi examinado no estudo a inibição de duas espécies de fungos fitopatogênicos *Fusarium oxysporum* e *Phytophthora parasítica*, outra característica importante, com potencial uso no manejo de controle biológico de doenças fúngicas em plantas. Já a bactéria *P. agglomerans* utiliza da produção da enzima fitase que possui a capacidade de transformar fosfato orgânico em fosfato

inorgânico, hidrolisando o ácido fítico em inositol e ácido fosfórico que é a forma preferível de fósforo absorvida pelas raízes (GREINER, 2004).

O fato do produto possuir em sua composição duas bactérias com meios diferentes de solubilizar o fosfato aumenta o espectro de ação, agindo no fósforo retido nas estruturas dos coloides e no fósforo orgânico que necessita da mineralização para tornar-se disponível, resultados satisfatórios com incremento de produção já foram obtidos com a inoculação do composto nas culturas: gergelim (*Sesamum indicum* L.), batata (*Solanum tuberosum*), soja (*Glycine max*), romã (*Punica granatum*) (HASHMABADI, 2012; ASL, 2017; SHIRI-JANAGARD, 2012; PARVIZI, 2014). Por fim, para que a eficiência do produto seja confirmada nos solos do cer-



rado brasileiro é necessário que os microrganismos presentes na formulação não sofram efeitos negativos na população da rizosfera através de competições entre outras espécies selvagens da região e também que haja afinidade planta/bactéria para uma colonização eficaz dos tecidos radiculares (LANA, 2016; RODRIGUES, 2018).

MATERIAIS E MÉTODOS

Localização e Características Edafoclimáticas da Área Experimental

O experimento foi realizado no período de 03/11/2019 à 04/03/2020 na Fazenda experimental do IFMT Campus Sorriso (latitude de 12°41'43" S e longitude de 55°48'07" W e altitude média de 358m), no município de Sorriso-MT. O solo é do tipo

Latossolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 1999), sendo o tipo climático predominante o Aw/As, tropical úmido com estação seca bem definida de maio a agosto (KÖPPEN, 1931). A pluviosidade anual média é de aproximadamente 2.250 mm com intensidade máxima nos meses de janeiro e fevereiro. A temperatura média anual em torno de 24° C, com máximas de 40° C e mínimas de 4° C.

Em relação ao nível de fertilidade natural do solo, foi realizada uma amostragem em 23/10/2019, cujos resultados são mostrados na Tabela 1.



Tabela 1. Resultados da análise de fertilidade do solo da área experimental - Amostragem em outubro de 2019.

| Resultados da Análise Química: | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|----------------------|------|----------------------|--------|--------|---------|-----------------|------------------------------|------|----------------|------------------|------------------|----------------------|--------------|------|------|
| pH H ₂ O | | pH CaCl ₂ | | P meh. | P rem. | P res. | P total | Na ⁺ | K ⁺ | S | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Al ³⁺ | H + Al | M.O. | C.O. |
| mg dm ⁻³ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6,1 | 5,5 | 4,2 | 44,0 | 14,6 | ns | ns | 95,70 | 10 | 0,24 | 2,32 | 1,32 | 0,00 | 2,00 | 2,29 | 1,33 | | |
| SB | | t | T | Relação entre bases: | | | | | Relação entre bases e T (%): | | | | | | | | |
| cmolc dm ⁻³ | | | | | | | | | | | | | | dag kg ⁻¹ | | | |
| V | m | Ca/Mg | | | | Ca/K | Mg/K | Ca+Mg/K | Ca/T | Mg/T | Na/T | K/T | H+Al/T | Ca+Mg/T | Ca+Mg+Na+K/T | | |
| 65,80 | 0,00 | 1,8 | 9,7 | 5,5 | 15,2 | 39 | 22 | ns | 4 | 34 | 62 | 66 | | | | | |

Espécie vegetal, adubação e semeadura

Como espécie vegetal foi utilizada a cultivar de soja (Glycine max L.) HO Arinos 67HO106 RR de ciclo precoce, tratadas industrialmente com fungicida Standak Top® - Pró (Piraclostrobina, Tiofanato metílico e Fipronil).

A partir dos resultados da análise de fertilidade do solo da área experimental foram feitos os cálculos de recomendação de adubação da cultura de acordo com as recomendações descritas pela Fundação Mato Grosso (2015). A dose de fósforo (P) recomendada foi 128 kg ha⁻¹

de P₂O₅, sendo utilizado como fonte o superfosfato triplo (SPT). Cada parcela ou unidade experimental foi representada por um canteiro com 15m² de área total (3 x 5 m). A semeadura foi realizada manualmente no dia três de novembro de 2019, respeitando o espaçamento de 0,45 m entre linhas, com uma densidade de 18 plantas/m. Já como fonte de Potássio (K) foi utilizado o K₂O numa dose de 70 kg ha⁻¹ para todos os tratamentos.

Tratamentos

Os tratamentos (tabela 2) foram constituídos de diferentes doses de Superfosfato triplo



em sementes tratadas com as bactérias *Pseudomonas putida* e *Pantoea agglomerans*, presentes no Bio biofertilizante BARVAR-P-2® da Green Biotech Brasil. As sementes de soja foram misturadas ao inoculante, do tipo

turfoso com pó molhável, sendo embebidas em uma suspensão bacteriana contendo 108 cfu/ML, em uma concentração de 100 g de produto por hectare 100 g ha-1 de cada cepa.

Figura 1 - Tratamento de sementes com as bactérias.



Tabela 2. Arranjo dos tratamentos utilizando BARVAR-P-2® e diferentes doses de P em sementes de Glycine max L.

| Tratamentos | BARVAR-P-2® | %Dose de P |
|--------------------------------------|----------------|------------------|
| T1- Controle (S/ino + 100% P) | Sem inoculante | 100% recomendada |
| T2- (C/Ino + 100% P) | Com inoculante | 100% recomendada |
| T3- (C/Ino + 50% P) | Com Inoculante | 50% recomendada |
| T4- (C/Ino + 0% P) | Com inoculante | Sem adubação |
| T5- (S/ino + 50% P) | Sem inoculante | 50% recomendada |
| T6- (S/ino e 0% P) | Sem inoculante | Sem adubação |

S/ino: sem inoculante; C/Ino: com inculante

Figura 2. Croqui da área experimental.

| Bloco 1 | | Bloco 2 | | Bloco 3 | | Bloco 4 | |
|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|
| T5 | T2 | T3 | T1 | T1 | T6 | T2 | T5 |
| T4 | T1 | T6 | T5 | T2 | T4 | T6 | T3 |
| T5 | T2 | T1 | T4 | T4 | T3 | T3 | T6 |

Durante a realização do experimento, o controle de plantas daninhas, foi feito com Glifosato® (N-fosfonometilglicina) aos 45 e 95 dias após plantio, e o controle da mosca-branca (*Bemisia tabac*, Gennadius) com Fastac® (alpha-cypermethrin) aos 60 dias após emergência.

O desempenho das plantas sob influência dos tratamentos foi avaliado pelo rendimento de grãos que foi contabilizado em

uma área de 10 m na parte central da parcela, sendo usadas as duas linhas centrais. O rendimento de grãos foi calculado em kg ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, constituído por 6 tratamentos e 4 repetições. Os dados de produtividade foram comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUS-



SÃO

Não foi verificado interação significativa entre o uso do inoculante e produtividade em Kg/Ha-1 (Tabela 3). Os resultados obtidos não evidenciam que não houve atividade solubilizadora dos microrganismos no fós-

foro retido no solo, uma vez que a produtividade da cultura da soja depende de muitos fatores, entre eles: escolha de cultivar, disponibilidade hídrica e de nutrientes, competição com espécies invasoras e sanidade vegetal (TOURINO et al., 2002).

Tabela 3. Média de produtividade dos tratamentos com e sem inoculante

| Inoculante | Produtividade (kg ha ⁻¹) |
|------------|--------------------------------------|
| Com | 3319,6 a |
| Sem | 3300,3 a |

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

As doses de fósforo usadas tiveram correlação positiva com as produtividades observadas (Tabela 4). Foi verificado incremento de 62,7% na produção dos tratamentos adubados com toda dose recomendada de 128 Kg/Ha-1 em relação aos tratamentos que não foram administrados nenhuma dose do adubo.

Resultados similares foram obtidos por Gonçalves Júnior et al., (2010) que obtiveram resposta linear entre dose de P₂O₅ aplicada e produtividade na cultura da soja.



Tabela 4. Produtividade alcançada com 0, 50 e 100% da dose recomendada de fósforo (0/64/128 Kg/Ha⁻¹).

| Dose de P | Produtividade |
|-----------|---------------|
| 0 | 2446,9 |
| 50 | 3261,9 |
| 100 | 4221,075 |

Riscarolli et al. (2018) também observaram aumento quadrático no teor de matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MAS) com aumento nas doses de P₂O₅ na cultura da soja. De Souza et al. (2014) constatou resposta quadrática quanto a produtividade de soja e número de flores conforme o aumento da dose de P₂O₅ em latossolo do cerrado, sendo a dose de 120 Kg/Ha⁻¹ que obteve maior média de produtividade e maior eficiência agrônômica no estudo.

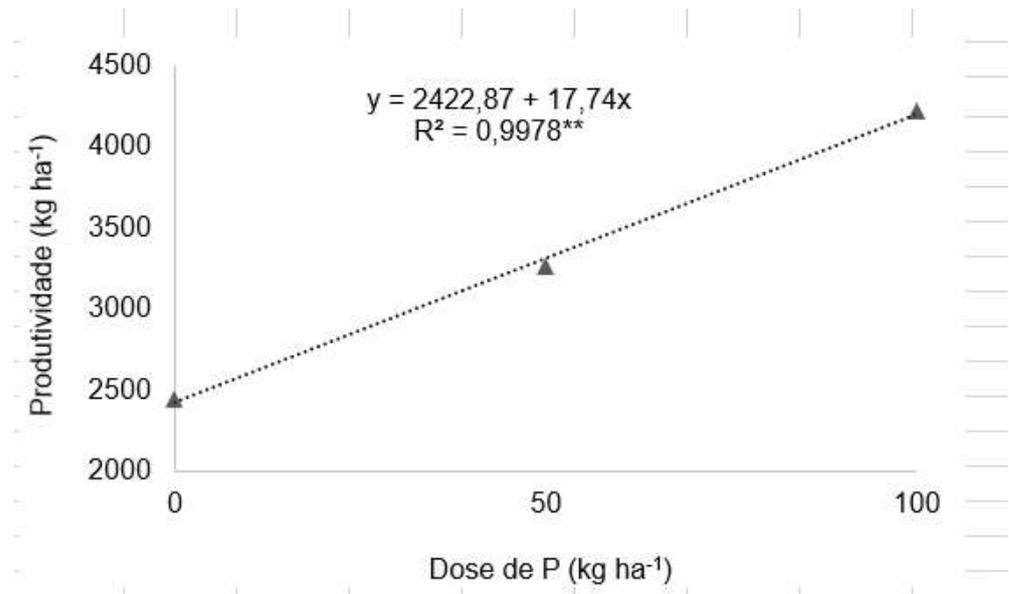
Os tratamentos que foram suplementados com 50% da dose recomendada (68 Kg/Ha⁻¹) obtiveram média de produtividade de 3.261,9 Kg/Ha⁻¹ (Figura 4),

valores próximos a média nacional de produtividade que foi de 3.379,9 Kg/Ha⁻¹ para a safra de 2019/20 (CONAB, 2019). A média conquistada nos tratamentos pode ser considerada satisfatória, uma vez que apenas 50% da dose recomendada foi administrada, fato que pode ter relação com inoculação dos microrganismos na área pois diante da análise dos resultados obtidos na amostragem do solo foi verificado que 90% do total de fósforo presente no solo estava indisponível para as plantas, e os níveis de matéria orgânica de 2,29 Dag Kg⁻¹ formam ambiente propício para *P. putida* e *P. agglomerans* sobrevivam de atividade saprofítica no solo



analisado mesmo que não tenha ocorrido a simbiose direta entre planta/microorganismo (Tabela 1).

Figura 3. Gráfico produtividade em Kg/Há⁻¹ com diferentes doses de P₂O₅.



Em pesquisa realizada por da Costa Leite et al. (2017) em solo com teor inicial similar de P ao avaliar produtividade de soja sobre diferentes fontes de fósforo em latossolo no cerrado obteve média de 1.818 Kg Ha⁻¹ em tratamentos em que não foi administrada nenhuma dose de P₂O₅, resultado 25% menor em comparação com a produção de 2.446 Kg Ha⁻¹ verificada no ex-

perimento (Tabela 4). Já Kaneko et al. (2020) observaram diferença de apenas 535 Kg Ha⁻¹ entre o tratamento testemunha e o tratamento com 100% da dose recomendada, enquanto fora verificado no experimento incremento de 1775 Kg Ha⁻¹ entre tratamento sem adubação e com 100% da dose recomendada (128 Kg Ha⁻¹ de P₂O₅).

Em relação a população

dos microrganismos no solo, alguns fatores podem ter contribuído para a redução das bactérias na área, a exemplo da alta dose de Glifosato (N-fosfonometilglucina) aplicado em duas ocasiões na dose de 1L/Ha-1 durante o experimento a fim de controlar as plantas invasoras. Vários trabalhos descrevem a toxicidade do herbicida na microbiologia do solo, Aristilde et al. (2017) verificaram redução na taxa de crescimento de *Pseudomonas putida* em 23,4% quando submetidas ao contato com o herbicida. Ahmad & Khan (2012) embora não tenham constatado diminuição na população de *P. putida* observaram redução significativa na produção de enzimas fosfatase quando em contato com Glifosato®. Maldani et al. (2018) ao estudar efeito do herbicida em *Pantoea agglomerans* observaram inibição total das cepas da bacté-

ria em concentração 12g/L.

Pode ter ocorrido ainda um decréscimo na população de bactérias devido a competições com outros microrganismos nativos presentes no solo. Dados da pesquisa realizada por Pope et al. (2003) corroboram o fato que *P. agglomerans* tem atividade e população afetada por fungos do gênero *Penicillium*. Em estudo de controle biológico de *Macrophomina phaseolina*, em plantas de soja com *P. agglomerans*, Vasebi et al. (2015) concluíram que fungos dessa espécie, comuns nos solos da região, podem inibir crescimento da bactéria solubilizadora de fósforo.

A espécie vegetal usada pode não ter favorecido a simbiose com as bactérias presentes no produto, uma vez que a associação entre a planta e as bactérias testadas acontece com menor eficiência em fabáceas como a



soja. Neal et al. (2012) ao estudar exsudatos de milho (*Zea mays*), verificaram que os Benzoxazinoides (BX's) presentes em raízes de poáceas possuíam a habilidade de atrair *Pseudomonas putida* para rizosfera das plantas, favorecendo assim o aumento na população desse microrganismo no solo cultivado com plantas desse grupo. Em estudo com trigo (*Triticum durum* L.), Amellal et al. (1999) observaram que *P. agglomerans* colonizavam preferivelmente plantas dessa espécie.

CONCLUSÃO

O uso do fertilizante orgânico biotecnológico BARVAR no tratamento de sementes de soja se mostrou eficaz na redução da adubação mineral de fósforo quando comparado as áreas que não foram administradas as bactérias. Entretanto ao compa-

rar as médias de produtividade alcançadas no experimento com dados de produtividade a nível regional e nacional é possível verificar médias satisfatórias que podem ter relação direta ao uso do produto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahemad, M., & Khan, M. S. (2012). Evaluation of plant-growth-promoting activities of rhizobacterium *Pseudomonas putida* under herbicide stress. *Annals of microbiology*, 62(4), 1531-1540.

Amellal, N., Bartoli, F., Villemin, G., Talouizte, A., & Heulin, T. (1999). Effects of inoculation of EPS-producing *Pantoea agglomerans* on wheat rhizosphere aggregation. *Plant and Soil*, 211(1), 93-101.



- ANTOUN, Hani. Beneficial microorganisms for the sustainable use of phosphates in agriculture. In: *Procedia Engineering*, 2012, vol. 46, p. 62 – 67.
- Aristilde, L., Reed, M. L., Wilkes, R. A., Youngster, T., Kukurugya, M. A., Katz, V., & Sasaki, C. R. (2017). Glyphosate-induced specific and widespread perturbations in the metabolome of soil *Pseudomonas* species. *Frontiers in Environmental Science*, 5, 34.
- ASL, Ali Nasrollahzadeh. Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on morphological and agronomic characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Open Journal of Ecology*, v. 7, n. 2, p. 101-111, 2017.
- BATISTELLA FILHO, Felipe et al. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 7, p. 783-790, 2013.
- BAVEYE, Philippe C. A Ameaçadora Escassez de Fósforo de Rocha e a Intensificação de Pesquisas com Fósforo no Solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 3, p. 637-642, 2015.
- BRESSAN, Wellington; VASCONCELLOS, Carlos Alberto. Alterações morfológicas no sistema radicular do milho induzidas por fungos micorrízicos e fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 4, p. 509-517, 2002.
- BORKERT, Clóvis Manuel et al. Seja o doutor da sua soja. Potafós, 1994.
- CAMPOS, Amália AB et al. Seleção de fungicidas visando



à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 9, p. 898-902, 2015.

Castro, A. A. J. F., & Martins, F. R. (1999). Cerrados do Brasil e do Nordeste: caracterização, área de ocupação e considerações sobre a sua fitodiversidade. *Pesquisa em foco*, 7(9), 147-178.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA. Indicador soja CEPEA/ESALQ, 2019. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br> > . Acesso em: 25 agosto 2020.

Chen, YP, Rekha, PD, Arun, AB, Shen, FT, Lai, WA, & Young, CC (2006). Bactérias solubilizadoras de fosfato de solo subtropical e

suas habilidades de solubilização de fosfato tricálcico. *Ecologia do solo aplicada*, 34 (1), 33-41.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: grãos 2019. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>. Acesso em: 21 nov. 2019

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 24 de junho de 2020.

CONAB. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. V. 5 – Safra 2017/18 – Nº 879 8 – Oitavo Levantamento, Junho, 2018.

CUNHA, ASC et al. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. Área de Informação da Sede-Artigo



em periódico indexado (ALICE), 1993.

Da Costa Leite, R., da Silva Carneiro, J. S., de Freitas, G. A., Casali, M. E., & da Silva, R. R. (2017). Adubação fosfatada na soja durante três safras consecutivas na nova fronteira agrícola brasileira. *Scientia Agraria*, 18(4), 28-35.

DE CAMARGO, Monica Sartori et al. Fósforo em solos de cerrado submetidos à calagem. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 2, 2010.

DE OLIVEIRA, Ivanilton José. Chapadões descerrados: relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 34, n. 2, p. 311-336, 2014.

De Souza, J. R., Ribeiro, B. N., Raposo, T. P., Fiorin, J. E., Cas-

tro, G. S. A., & Magalhães, R. S. (2014). Eficiência do fósforo revestido com polímeros na cultura da soja. Embrapa Amapá-Artigo em periódico indexado (ALICE).

EL-TARABILY, K. A.; NAS-SAR, A.; SIVASITHAMPARAM, K. Promotion of growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in a calcareous soil by a phosphate-solubilizing, rhizosphere-competent isolate of *Micromonospora endolithica*. *Applied and Soil Ecology*, Amsterdam, v. 39, p. 161-171, 2008.

ESTRADA BONILLA, German Andres et al. Seleção de bactérias diazotróficas solubilizadoras de fósforo e seu efeito no desenvolvimento de plantas de arroz. 2011.

FERRO, Aline Barrozo; CASTRO, Eduardo Rodrigues de. De-



terminantes dos preços de terras no Brasil: uma análise de região de fronteira agrícola e áreas tradicionais. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 3, p. 591-609, 2013.

GATIBONI, Luciano Colpo et al. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

Goldstein, AH e ST Liu. "Clonagem molecular e regulação de um gene de solubilização de fosfato mineral de *Erwinia herbicola*." *Bio / technology* 5.1 (1987): 72-74.

Gomes, E. A., de Souza, F. A., de Sousa, S. M., de Vasconcelos, M. J. V., Marriel, I. E., & SILVA, U. D. (2010). Prospecção de comunidades microbianas do solo ativas no aproveitamento agrícola

de fontes de fósforo de baixa solubilidade. *Embrapa Milho e Sorgo-Documents* (INFOTECA-E).

Gonçalves Júnior, A. C., Nacke, H., Marengoni, N. G., Carvalho, E. A. D., & Coelho, G. F. (2010). Produtividade e componentes de produção da soja adubada com diferentes doses de fósforo, potássio e zinco. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3), 660-666.

GREINER, Ralf. Purification and properties of a phytate-degrading enzyme from *Pantoea agglomerans*. *The protein journal*, v. 23, n. 8, p. 567-576, 2004.

GUERRA NETO, E. G. et al. Efeito do uso de fungicidas sobre micorrizas vesicular-arbusculares em lavouras cafeeiras. *Café-cultura Moderna (Brasil)* v. 1 (2) p. 18-19, 1988.



- HASHEMABADI, Davood et al. Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold ('Tagetes erecta'L.). Australian Journal of Crop Science, v. 6, n. 6, p. 1101, 2012.
- Hungria, M. (2011). Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo. Embrapa Soja-Documents (INFOTECA-E).
- IMEA. (2019). INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA—IMEA. Custo Médio de Produção da Safra de Soja em Mato Grosso. Disponível em:< <http://www.imea.com.br>>. Acesso em, 10 de agosto de 2020.
- INUI, Rosangela Naomi. Isolamento e identificação de bactérias solubilizadoras de fósforo e produtoras de auxinas em solo com cana-de-açúcar. 2009. x, 78 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/92654>>.
- Ishibashi, Y., Cervantes, C., & Silver, S. (1990). Redução do cromo em *Pseudomonas putida*. Microbiologia aplicada e ambiental, 56 (7), 2268-2270.
- Kaneko, F. H., Rinzo, R. T., de Oliveira, B. L., do Prado, J. A., de Assis, G. P. B., da Silva Piletti, L. M. M., & de Freitas, I. P. (2020). Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. Revista Cultura Agrônômica, 29(4), 400-411.
- KIRIACHEK, Soraya Gabriela et al. Regulação do desenvolvimento de micorrizas arbusculares



- res. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 33, n. 1, p. 1-16, 2009.
- KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. Fósforo: de nutriente à poluente. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 2012, 8.8: 1713-1721.
- LANA, UG de P. et al. Identificação molecular e diversidade genética de bactérias solubilizadoras de fósforo. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2016., 2016.
- LEAL, Jair Rocha; VELLOSO, Ary Carlos X. Adsorção de fósforo em latossolos sob vegetação de cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 8, n. 7, p. 81-88, 1973.
- LIU, G.; DUNLOP, J.; PHUNG, T.; LI, Y. Comparisons of two quick methods for evaluating phosphorus efficiency genotypes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PHOSPHORUS DYNAMICS IN THE SOIL-PLANT CONTINUUM, 3., 2006, Uberlândia. Proceedings... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 100-101.
- MALBOOBI, Mohammad Ali et al. Solubilization of organic and inorganic phosphates by three highly efficient soil bacterial isolates. World Journal of Microbiology and Biotechnology, v. 25, n. 8, p. 1471-1477, 2009.
- Maldani, M., Ben Messaoud, B.,



- Nassiri, L., & Ibijbijen, J. (2018). Influence of Paraquat on Four Rhizobacteria Strains: *Pantoea agglomerans*, *Rhizobium nepotum*, *Rhizobium radiobacter* and *Rhizobium tibeticum*. *Open Environmental Sciences*, 10(1).
- MENDES, I. de C.; DOS REIS JUNIOT, F. B. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. Embrapa Cerrado Documentos (INFOTECA-E), 2003.
- MINGOTI, R., et al. Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais. Embrapa Gestão Territorial-Nota Técnica/Nota Científica (ALICE), 2014.
- Moura, J. B. D., Ventura, M. V. A., Cabral, J. S. R., & Azevedo, W. R. (2015). Adsorção de Fósforo em Latossolo Vermelho Distrófico sob Vegetação de Cerrado em Rio Verde-Go. *J Soc Technol Environ Sci*, 4, 199-208.
- MOURA, Jadson Belem de et al. Adsorção de Fósforo em Latossolo Vermelho Distrófico sob Vegetação de Cerrado em Rio Verde-Go. *J Soc Technol Environ Sci*, v. 4, p. 199-208, 2015.
- NAHAS, Ely. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia*, v. 61, n. 3, p. 267-275, 2002.
- Neal, A. L., Ahmad, S., Gordon-Weeks, R., & Ton, J. (2012). Benzoxazinoids in root exudates of maize attract *Pseudomonas putida* to the rhizosphere. *PloS one*, 7(4), e35498.
- NÚÑEZ, Jose Ezequiel Villareal; AMARAL SOBRINHO, N.



- M. B.; MAZUR, Nelson. Conseqüências de diferentes sistemas de preparo do solo sobre distribuição química e perdas de fósforo de um Argissolo. *Bragantia*, v. 62, n. 1, p. 101-109, 2003.
- OLIVEIRA, C. A. et al. Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos®(Bacillus subtilis CNPMS B2084 e Bacillus megaterium CNPMS B119) nas culturas de milho e soja. *Embrapa Milho e Sorgo-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)*, 2020.
- Otieno, N., Lally, RD, Kiwanuka, S., Lloyd, A., Ryan, D., Germaine, KJ, & Dowling, DN (2015). Promoção do crescimento vegetal induzida por isolados de Pseudomonas endofíticos solubilizadores de fosfato. *Fronteiras em microbiologia* , 6 , 745.
- PANDEY, Anita et al. Characterization of a phosphate solubilizing and antagonistic strain of Pseudomonas putida (B0) isolated from a sub-alpine location in the Indian Central Himalaya. *Current microbiology*, v. 53, n. 2, p. 102-107, 2006.
- PARVIZI, Hossein; SEPASKHAH, Ali Reza; AHMADI, Seyed Hamid. Effect of drip irrigation and fertilizer regimes on fruit yields and water productivity of a pomegranate (Punica granatum (L.) cv. Rabab) orchard. *Agricultural Water Management*, v. 146, p. 45-56, 2014.
- Patiño-Torres, C. O., & Reyes, O. E. S. (2014). Los microorganismos solubilizadores de fósforo (MSF): una alternativa biotecnológica para una agricultura sostenible. *Entramado*, 10(2), 288-297.



Pérez, E; SULBARÁN, M.; BALL, M. M.; YARZÁBAL, L. A. Isolations and characterization of mineral phosphate-solubilizing natural colonizing a limonitic crust in the South-eastern Venezuelan region. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v39, p. 2905-2914, 2007.

Poppe, L., Vanhoutte, S., & Höfte, M. (2003). Modes of action of *Pantoea agglomerans* CPA-2, an antagonist of postharvest pathogens on fruits. *European Journal of Plant Pathology*, 109(9), 963-973.

POUYU-ROJAS, Enrique; SIQUEIRA, José Oswaldo; SANTOS, José Geraldo Donizetti. Compatibilidade simbiótica de fungos micorrízicos arbusculares com espécies arbóreas tropicais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 3, p. 413-424, 2006.

QUALLS, R.G. & RICHARDSON, C. Forms of soil phosphorus along a nutrient enrichment gradient in the northern everglades. *Soil Sci.*, 160:183-198, 1995.

RICHARDSON, A. E. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian Journal of Plant Physiology*, Victoria, v. 28, p. 897-906, 2001.

RISCAROLLI, C., AMLER, F. F., EGER, J. G., David, D., MARIANO, L. V., JANZEN, J. L., ... & STÜRMER, S. L. K. EFEITO DA COMPACTAÇÃO E NÍVEIS DE FÓSFORO NO DESENVOLVIMENTO DA SOJA EM DUAS CLASSES DE SOLOS. RODRIGUES, Jaira Gomes. Prospecção de microorganismos solubilizadores de fósforo na rizosfera de plantas nativas de cerrado. 2018.



ROLIM NETO, F. C. et al. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paraíba (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 6, p. 953-964, 2004.

ROSOLEM, Ciro Antonio; TAVARES, Carolina Amaral. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 30, n. 2, p. 385-389, 2006.

RUY, RAFAELA. Indicadores microbiológicos e bioquímicos de qualidade em solo de baixa fertilidade natural que recebeu calagem e adubação fosfatada. *Embrapa Soja-Tese/dissertação (ALICE)*, 2014.

SFREDO, Gedi Jorge;

BORKERT, Clóvis Manuel. Deficiências e Toxicidades de Nutrientes em Plantas de soja. *CNP-So*, 2004.

SHIRI-JANAGARD, Manojchehr et al. Influence of Bradyrhizobium japonicum and phosphate solubilizing bacteria on soybean yield at different levels of nitrogen and phosphorus. *Int. J. Agron. Plant Prod*, v. 3, p. 544-549, 2012.

SILVA, Leandro da et al. Fotossíntese, relações hídricas e crescimento de cafeeiros jovens em relação à disponibilidade de fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 45, n. 9, p. 965-972, 2010.

Siqueira, J. O., Andrade, A. T., & Faquin, V. (2004). O papel dos microrganismos na disponibilização e aquisição de fósforo pe-



las plantas. Fósforo na agricultura brasileira.

Song, OR, Lee, SJ, Lee, YS, Lee, SC, Kim, KK, & Choi, YL (2008). Solubilização de fosfato inorgânico insolúvel por *Burkholderia cepacia* DA23 isolada de solo cultivado. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39 (1), 151-156.

SOUCHIE, Edson Luiz; DE SOUZA ABBOUD, Antonio Carlos; CAPRONI, Ana Lucy. Solubilização de fosfato in vitro por microorganismos rizosféricos de guandu. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 2, 2007.

SPERBER, J.I. Solution of apatite by soil microorganisms producing organic acids. *Australian Journal of Agricultural Research*, Melbourne, v.9, p.782-787, 1958.

SUBBA RAO, N. S. Phosphate solubilization by soil microorganisms. *Advances in agricultural microbiology*/edited by NS Subba Rao, 1982.

TOKURA, Alessandra Mayumi et al. Dynamics of phosphorus forms in soils with contrasting texture and mineralogy cultivated with rice. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 33, n. 1, p. 171-179, 2011.

Tourino, M. C. C., Rezende, P. M. D., & Salvador, N. (2002). Espaçamento, densidade e uniformidade de semeadura na produtividade e características agronômicas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(8), 1071-1077.

VALLADARES, Gustavo Souza; PEREIRA, Marcos Gervasio; ANJOS, Lúcia Helena Cunha



dos. Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa. *Bragantia*, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

VANCE, C. P.; EHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist*, Oxford, v. 157, p. 423- 447, 2003

Vasebi, Y., Alizadeh, A., & Sa-faie, N. (2015). *Pantoea agglomerans* ENA1 as a biocontrol agent of *Macrophomia phaseolina* and growth enhancer of soybean. *Journal of Crop Protection*, 4(1), 43-57.

VILAR, Cesar Crispim; VILAR, Flavia Carolina Moreira. Comportamento do fósforo em solo e planta. *Campo Digital*, v. 8, n. 2, 2013.

VILELA, L.; ANCHINONI, I. Morfologia do sistema radicular e cinética da absorção de fósforo em cultivares de soja afetados pela interação alumínio-fósforo. 1984.

WANDER, Alcido Elenor; DA CUNHA, Cleyzer Adrian. Locais de concentração de atividades agropecuárias na região centro-oeste. *Revista Tecnologia e Sociedade*, 2016, 12.25: 129-144.

YAMADA, Tsuioshi; E ABDALLA, Silvia Regina Stipp. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004.

