



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL  
CAMPUS ERECHIM  
CURSO DE AGRONOMIA**

**LUANA MARIA TOMAZELI**

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS E  
FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DA AVEIA-BRANCA  
CULTIVADA EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

**ERECHIM  
2022**

**LUANA MARIA TOMAZELI**

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS E  
FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DA AVEIA-BRANCA  
CULTIVADA EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

**ERECHIM**

**2022**

### **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Tomazeli, Luana Maria  
MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS E FONTES  
DE FÓSFORO NA CULTURA DA AVEIA-BRANCA CULTIVADA EM UM  
LATOSSOLO VERMELHO / Luana Maria Tomazeli. -- 2022.  
27 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Castamann

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2022.

I. Castamann, Alfredo, orient. II. Universidade  
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**LUANA MARIA TOMAZELI**

**MICROORGANISMOS SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS E  
FONTES DE FÓSFORO NA CULTURA DA AVEIA-BRANCA  
CULTIVADA EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 12/04/2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alfredo Castamann – UFFS  
Orientador

---

Prof. Dra. Sandra Maria Maziero - UFFS  
Avaliador

---

Dra. Ândrea M. Pereira Franco - UFFS  
Avaliador

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela oportunidade, por toda a força e coragem dada para que fosse possível alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, eu devo a vida e todas as oportunidades que nela tive e que espero um dia poder lhes retribuir. A minha irmã Laís por toda a paciência, amor, incentivo e palavras de conforto.

Um agradecimento especial a Patrícia Longo e a Fabiana Todeschini, por toda a paciência, carinho, esforço e incentivo dado para que esse sonho se tornasse realidade.

A minha prima Carine por estar sempre presente, agradeço por toda a ajuda, incentivo e dedicação que teve comigo, e também por ser minha inspiração.

A minha amiga Gabrieli, pela amizade durante esses cinco anos de graduação, por estar sempre comigo me ajudando e incentivando.

Agradeço de coração também esta instituição por toda a ajuda e pela educação dada. Ao meu orientador Alfredo Castamann, por todos os ensinamentos, pela confiança e por toda a ajuda durante esses anos de graduação.

A Dr. Ândrea por ter feito parte dessa trajetória, sempre disposta a ajudar e orientar com muito carinho e amor. A Dr. Sandra por todo o ensinamento, carinho e dedicação com a minha caminhada.

As pessoas que me ajudaram durante esse percurso de desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso, em especial a Ilana, Juan e Egabrieli.

A todas as pessoas que de uma alguma forma me ajudaram e acreditaram em mim eu deixo meu agradecimento eterno, porque sem elas não teria sido possível.

## RESUMO

O elemento químico fósforo é considerado um macronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas e devido à baixa solubilidade nos solos este nutriente fica pouco disponível para uso, para isso, há a possibilidade de utilizar microrganismos solubilizadores de fosfatos para promover um aumento na disponibilidade de fósforo no solo. A aveia-branca (*Avena sativa*) é uma gramínea anual utilizada como forrageira, para cobertura do solo, produção de grãos, feno e silagem e consumo humano. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de solubilização do *Azospirillum* e cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em farinha de osso e fosfato natural reativo em um Latossolo cultivado com aveia-branca. O experimento foi conduzido em vasos e instalado em ambiente protegido localizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Erechim-RS. O delineamento experimental foi em blocos casualizados – DBC e o arranjo dos tratamentos em esquema fatorial de 3x4, com quatro repetições. As fontes de fósforo utilizadas foram a farinha de osso, fosfato natural reativo e o tratamento controle (sem fonte de fósforo). Os microrganismos solubilizadores de fosfato avaliados foram *Azospirillum*, cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, *Azospirillum* associado a cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* e a testemunha (sem inoculação). Os parâmetros mensurados foram altura de planta, diâmetro de colmo e teor de fósforo na parte aérea e raiz, além de análises fisiológicas com analisador de fotossíntese (IRGA -Infrared Gas Analyser). Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a bactéria *Azospirillum* associada ao fosfato natural reativo proporcionou respostas no diâmetro de colmo, altura de planta e ao teor de fósforo na parte aérea da aveia-branca, mostrando-se promissor para aumentar a disponibilidade de fósforo no solo. Com relação a teor de fósforo nas raízes, não se constatou efeito em nenhum dos tratamentos.

Palavras-chave: Solubilizadores de fosfato; Inoculação; Fosfato natural; Farinha de ossos; Fósforo.

## ABSTRACT

The chemical element phosphorus is considered an essential macronutrient for the development of plants and due to the low solubility in soils this nutrient is little available for use, for this, there is the possibility of using phosphate solubilizing microorganisms to promote an increase in the availability of phosphorus in the soil ground. White oat (*Avena sativa*) is an annual grass used as forage, for ground cover, production of grains, hay and silage and for human consumption. The objective of this work was to evaluate the solubilization potential of *Azospirillum* and *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* strains in bone meal and reactive rock phosphate in an Oxisol cultivated with white oat. The experiment was conducted in pots and installed in a protected environment located in the experimental area of the Federal University of Fronteira Sul, Erechim-RS campus. The experimental design was in randomized blocks - DBC and the arrangement of treatments in a 3x4 factorial scheme, with four replications. The phosphorus sources used were bone meal, reactive natural phosphate and the control treatment (without phosphorus source). The phosphate solubilizing microorganisms evaluated were *Azospirillum*, *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* strains, *Azospirillum* associated with *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* strains and the control (without inoculation). The parameters measured were plant height, stem diameter and phosphorus content in shoots and roots, in addition to physiological analyzes with a photosynthesis analyzer (IRGA - Infrared Gas Analyzer). Based on the results obtained, it can be concluded that the *Azospirillum* bacterium associated with reactive natural phosphate provided responses in stem diameter, plant height and phosphorus content in the aerial part of white oat, showing promise to increase the availability of phosphorus in the soil. Regarding the phosphorus content in the roots, there was no effect in any of the treatments.

Keywords: Phosphate solubilizers; Inoculation, Natural phosphate; Bone meal; Phosphorus.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>10</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é considerado um macronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas. É componente estrutural das membranas celulares, além de integrar carboidratos e ácidos nucleicos. Desempenha várias funções nas plantas, dentre elas a ativação enzimática e o armazenamento de energia (ATP), sendo responsável também pela síntese de celulose e sacarose (FINGER, 2002; SOUSA, 2010; TAIZ ; ZEIGER, 2013).

A busca pela sustentabilidade inclui o emprego de fontes de fósforo provenientes de outras atividades desenvolvidas na agricultura. A farinha de osso, obtida a partir da carcaça de bovinos constitui-se em fonte que não requer altos custos de aquisição, além de ser encontrada de forma acessível. A farinha de osso pode conter mais de 30 % de cálcio total, aproximadamente 16 % de fósforo total e mais de 10 % de fósforo solúvel em ácido cítrico (MATTAR, 2014). Outra fonte que pode ser empregada em sistema de produção sustentáveis é o fosfato natural reativo, obtido a partir da moagem de rochas sedimentares, sem sofrer tratamentos com ácidos e que pode representar baixo custo para a produção quando comparado com outras fontes (SOUZA et al., 2016).

Os microrganismos solubilizadores de fosfatos podem aumentar a disponibilidade de fósforo no solo para as plantas, e têm sido ofertados como bioinsumos a partir de diferentes marcas comerciais (SILVA FILHO; VIDOR, 2000). Bactérias do gênero *Azospirillum* destacam-se por serem muito utilizadas em diferentes culturas (REIS, 2007). É considerada como bactéria de vida livre, ou seja, está presente no ambiente, e pode contribuir para melhoria nas condições de sobrevivência e desenvolvimento da microbiota do solo. Possui a capacidade de alterar a morfologia do sistema radicular das plantas, favorecendo a absorção de nutrientes pouco móveis, como o fósforo (NOVAKOWISKI et al., 2001; VORPAGEL, 2010).

Recentemente um produto comercial que contém cepas das bactérias *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* na sua composição está indicado para ser empregado como inoculante de sementes em lavouras comerciais. Essas bactérias são capazes de solubilizar fosfatos do solo e aumentar a disponibilidade de fósforo para as plantas (PEI-XIANG et al., 2012). Desta forma é possível reduzir o emprego de fertilizantes minerais solúveis de síntese química, ocasionando menores despesas de energia na produção e no transporte das fontes minerais solúveis (OLIVEIRA et al., 2020). A aveia-branca (*Avena Sativa*) é uma gramínea anual muito utilizada principalmente nos estados do Rio Grande do Sul e Paraná (IBGE, 2014). Apresenta diversos propósitos, podendo ser utilizada como forrageira, para cobertura do solo como também, para a produção de grãos (SILVA; CIOCCA, 2005). Está entre as dez principais culturas cultivadas

e pode apresentar uma produtividade média de 2.230 kg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2014).

A aveia branca pode ser encontrada como silagem, feno ou in natura, para consumo animal ou humano, além de ser utilizada como cobertura morta em sistemas de plantio direto (TERRA-LOPES et al., 2009). É exigente quanto a fertilidade do solo e apresenta suscetibilidade a algumas doenças. (ALMEIDA; RODRIGUES, 1985).

Este trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de solubilização de fosfatos por *Azospirillum* e cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* em um solo adubado com diferentes fontes de fósforo e cultivado com aveia branca.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As bactérias diazotróficas do gênero *Azospirillum* tornaram-se grandes aliados no aumento do rendimento de culturas como milho e outras gramíneas (CAVALETT et al., 2000). Há evidências que indicam que a inoculação por *Azospirillum brasilense* contribui para o aumento na taxa de matéria seca, maior atividade de enzimas fotossintéticas, assimilação de nitrogênio, além da produção de fitormônios e sua capacidade de penetrar na raiz das plantas (DIDONET et al., 1996).

A bactéria *Bacillus subtilis* é responsável por produzir antibióticos, enzimas e fitohormônios, sendo conhecida também como promotora de crescimento nas plantas. (KLOEPPER et al., 1999). Segundo Araujo; Marchesi (2009) foi possível observar um incremento da parte aérea do tomateiro, através de um experimento realizado com tomate tratado com *Bacillus subtilis*, o que caracteriza a bactéria ser promotora de crescimento. Para Araújo et al., (2005), as rizobactérias têm a capacidade de controlar doenças por modo de ação, no caso do *Bacillus subtilis*, produzir a iturina, um agente antifúngico. Além de serem capazes de produzir substâncias tóxicas e repelentes, eficientes para controle biológico (FREITAS, 2001). Utilizando cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, Oliveira et al. (2020), constataram que quando aplicado em áreas que anteriormente havia sido cultivado milho com aplicações de fósforo em quantidades adequadas à necessidade da cultura e à disponibilidade no solo, houve um incremento de produtividade de até 8,9 %, além de aumento de 19 % na exportação de P para os grãos (OLIVEIRA et al., 2020; SOUSA et al., 2020). Foi observado também, que ao realizar a inoculação associado a outros microrganismos como *Penicillium bilaii*, a produtividade na cultura do milho foi 6 % maior (LEGGETT et al., 2007).

Observaram um aumento na produção de massa seca em aveia-preta e azevém com a inoculação do *Azospirillum brasilense*. Para cada 1 kg de nitrogênio mineral, houve um acréscimo de 16,65 kg de massa seca. A inoculação permitiu substituir a aplicação de 30,33 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio mineral (BRUM et al., 2015). Em culturas de grãos, também foi observado o aumento da produtividade, em lavouras de milho, de 24 a 30 % e trigo, de 13 a 18 % com a inoculação do *Azospirillum brasilense* (HUNGRIA et al., 2010).

Em um estudo realizado com sementes de algodão, soja e milho inoculadas com *Bacillus subtilis* foi possível constatar um acréscimo na concentração de fósforo nas folhas em relação a testemunha. Foi possível também observar maior absorção de fósforo no milho, visto que este estava sendo desenvolvido em solo que apresentava deficiência do nutriente, concluindo assim que o *Bacillus subtilis* causa um aumento das enzimas fosfatases no solo. Além de ter sido encontrado também, aumento do teor de nitrogênio (ARAÚJO F, 2008).

Santos et al., (2021) avaliaram diferentes doses de um inoculante em fase de registro que possuía como base os isolados bacterianos *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* na cultura da aveia branca. Os tratamentos foram constituídos de quatro doses e um controle (0, 50, 100, 150 e 200 mL ha<sup>-1</sup>). Após 45 e 60 dias foi observado aumento na altura de planta e um incremento na taxa de crescimento de 9,3 % até a dose de 125 mL. Houve também aumento do diâmetro da base do colmo e de 37 % na produtividade. Para Araujo; Hungria (1999), bactérias do gênero *Bacillus* tem a capacidade de produzir fito-hormônios, que podem propiciar a emissão de pelos radiculares e o desenvolvimento das raízes.

### **3 MATERIAL E METÓDOS**

O experimento foi conduzido em vasos e instalado em ambiente protegido localizado na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, em Latossolo Vermelho Aluminoférrico húmico (STRECK et al., 2018). O delineamento experimental foi em blocos casualizados – DBC, com arranjo dos tratamentos em esquema fatorial com 4 repetições de 3x4.

Figura 1 – Registro dos vasos na casa de vegetação.



As fontes de fósforo utilizadas foram a farinha de osso e o fosfato natural reativo. Estes produtos foram misturados ao solo na proporção de 8,02 gramas/vaso de fosfato natural reativo, 10,02 gramas/vaso de farinha de osso e 2,02 gramas/vaso de cloreto de potássio, respectivamente, equivalente a 205 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo e 150 kg ha<sup>-1</sup> de potássio. Para a execução do trabalho foi utilizada a cultivar de aveia-branca URS Taura, e as sementes foram inoculadas com *Azospirillum*, ou cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*, ou ainda, a mistura de *Azospirillum* com cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium*.

As sementes foram colocadas em um recipiente e com a ajuda de um borrifador foi feita a inoculação das mesmas. Foi realizada a correção da acidez do solo com o emprego de Calcário com PRNT superior a 90 %. Este PRNT se deve ao fato de o calcário apresentar maior reatividade (RE) em função de sua granulometria comparativamente mais fina, e maior poder de neutralização (PN), por ser mais puro em equivalentes de carbonatos de cálcio. Além da correção da acidez do solo, foi fornecido nitrogênio para a aveia no momento da semeadura em 15 dias após a emergência das plantas. O experimento contou com 12 tratamentos e 4 repetições, conforme descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos avaliados no experimento.

<b>Tratamentos</b>	<b>Fonte de Fósforo</b>	<b>Microrganismos</b>
1	Farinha de osso	<i>Azospirillum</i>
2	Farinha de osso	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i>
3	Farinha de osso	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>
4	Farinha de osso	Sem inoculante
5	Fosfato Natural Reativo	<i>Azospirillum</i>
6	Fosfato Natural Reativo	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i>
7	Fosfato Natural Reativo	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>
8	Fosfato Natural Reativo	Sem inoculante
9	Sem fonte de fósforo	<i>Azospirillum</i>
10	Sem fonte de fósforo	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i>
11	Sem fonte de fósforo	<i>Bacillus megaterium e Bacillus subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>
12	Sem fonte de fósforo	Sem inoculante

A colheita da cultura foi feita no dia 01 de setembro de 2021. Foram avaliados diâmetro de colmo, altura de planta e teor de fósforo da parte aérea e raízes. Realizou-se análises com IRGA – Infrared Gas Analyser, para medir paralelamente trocas gasosas de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O e Fluorescência da Clorofila sob condições controladas quando a cultura estava com 15, 30 e 45 dias.

A avaliação de altura de planta foi realizada com o auxílio de uma régua e a avaliação de diâmetro de colmo com o auxílio de um paquímetro digital.

O material vegetal foi acondicionado em sacos identificados, separadamente. As raízes e a parte aérea foram submetidas a secagem em estufa a 60 °C, por aproximadamente 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em um moinho de facas e para a realização da avaliação dos teores de fósforo foram utilizadas 0,200 gramas de cada amostra.

Foi adicionado também, 0,700 gramas de mistura de digestão, utilizado para extração de P dos tecidos vegetais, para tanto foram separados 48 tubos de ensaio onde acomodou-se as amostras com a mistura de digestão (composição: 100,0 g de sulfato de sódio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 10,0g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>), 1,0 g de selênio (Se).

Na capela, foi adicionado 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (peróxido de hidrogênio) e 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ácido sulfúrico) com o auxílio de uma pipeta. O material foi levado para o bloco digestor a uma temperatura de 160 °C por duas horas, após esse período a temperatura foi aumentada novamente para 350 °C, por mais duas horas. Depois de esfriar as amostras, estas foram transferidas dos tubos de ensaio para balões volumétricos de 50 mL, as amostras foram aferidas com água

destilada. Posteriormente, as amostras foram transferidas para frascos snapcaps de 100 mL respectivamente identificados.

Figura 2 - Amostras em frascos snapcaps.



Para a realização da determinação de P, foi retirado 1 ml de cada amostra e transferido para beakers, onde foi acrescentado 2 mL de H<sub>2</sub>O, 3 mL de solução PB e 3 gotas de solução PC (TEDESCO et al., 1995).

Para o preparo de solução PB (HCl 0,87 M e (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4 H<sub>2</sub>O 0,38%):

1. Dissolveu-se 38,0 g de molibdato de amônio (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4 H<sub>2</sub>O em 1.500 mL de água destilada previamente aquecida a 60 °C em um Becker de 2.000 mL;
2. Ao esfriar, foi transferido para um balão volumétrico de 2.000 mL e completado o volume com água destilada;
3. Após transferir para um tambor plástico com capacidade de 10,0 L;
4. Colocou-se 800 mL de água destilada em um balão volumétrico de 2.000 mL;
5. Em seguida, foi adicionado 707,0 mL de HCl conc (d = 1,191; 37,7 % e 12,31 M) e foi agitado;
6. Após completar o volume com água destilada, a solução foi agitada;
7. Transferiu-se para o tambor de plástico de 10,0 L onde já se encontrava a solução de molibdato de amônio e agitou-se;
8. Então foi adicionado 6,0 L de água destilada utilizando balões volumétricos de 2.000 mL e o tambor foi agitado para homogeneizar a amostra.

Preparo da Solução P-C (ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico, sulfito de sódio e metabissulfito de sódio):

1. Preparou-se um estoque de pó redutor misturado e triturado em um almofariz os seguintes reagentes:

1.1 Ácido 1-amino-2-naftol-4-sulfônico: 2,5 g;

1.2 Sulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ): 5,0 g;

1.3 Metabissulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ): 146,0 g.

2. O pó redutor foi guardado em vidro fosco, envolto com papel alumínio (no máximo 40 dias);

3. Dissolveu-se 32,0 g do pó redutor em 200 mL de água destilada morna (50-60 °C) em um Becker;

4. Transferiu-se para um vidro escuro, onde ficou em repouso até cristalizar. Esta cristalização demora de 3 a 6 dias. Após a cristalização a solução foi filtrada. Por fim, foram feitas as leituras de cada amostra em um espectrofotômetro UV/VIS na faixa de 660 nm.

### 3.1 ANÁLISE DE DADOS

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias obtidas de cada tratamento, quando os resultados foram significativos, comparados pelo teste de Tukey, a 5% de significância, com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2018).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos com a aplicação de microrganismos solubilizadores de fosfato na cultura da aveia branca cultivada em Latossolo Vermelho, relativos à altura de planta, diâmetro de colmo, teor de fósforo da parte aérea e raízes, além de análises com IRGA – *Infrared Gas Analyser*, para medir paralelamente trocas gasosas de  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  e Fluorescência da Clorofila.

A utilização de fosfato natural reativo permitiu maior diâmetro do colmo de aveia, superior estatisticamente ao uso de farinha de osso, este segundo que apresentou diâmetro de colmo semelhante à não utilização de fontes de fósforo. Para altura de plantas de aveia, foi

possível observar que ambas as fontes de fósforo utilizadas tiveram altura de planta superior estatisticamente a não utilização de nenhuma fonte de P (Tabela 2).

Tabela 2 – Altura da planta (mm) e diâmetro de colmo (mm) de aveia-branca em função da aplicação de diferentes fontes de fósforo.

Fontes de Fósforo	Diâmetro de colmo (mm)	Altura de planta (mm)
Fosfato natural reativo	3,27 a	382,50 a
Farinha de osso	2,57 b	336,75 a
Sem fósforo	2,57 b	256,62 b

Letras distintas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ).

As fontes de P proporcionaram um maior crescimento das plantas de aveia. Isto se deve ao fato de que o fósforo está presente em diversas funções que são vitais relacionadas com o crescimento e desenvolvimento da planta, como fotossíntese, respiração, crescimento e divisão celular, transferência e armazenamento de energia, e está integrado em coenzimas, proteínas, além de fazer parte do DNA e RNA da planta (DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

Em um estudo realizado por Coutinho et al., (2014) com a aplicação de doses de  $P_2O_5$  por meio da fonte superfosfato triplo e cloreto de potássio em plantas de feijão-caupi, foi possível observar que a adubação fosfatada influenciou significativamente na variável altura de planta, obtendo uma altura máxima de 26,86 cm, e como esperado, o menor valor foi observado na dose de  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , destacando que à ausência de fósforo é um fator limitante ao crescimento do feijão-caupi.

Em estudo realizado por KANEKO et al., (2020) quando aplicado um produto comercial com a formulação de 04-28-08, onde a fonte de fósforo é apresentada na proporção de 28 % do total, foi observado um incremento na altura de plantas na cultura da soja quando comparada aos valores verificados no tratamento controle, sem fonte de fósforo. Os teores de fósforo na raiz não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 3), desta forma, se constatou que não houve efeito dos tratamentos avaliados para teor de fósforo na raiz.

Tabela 3 – Valores da probabilidade de erro obtidos com a análise de variância dos valores do teor de fósforo na raiz.

Variáveis	Pr>Fc
Fonte de fósforo	0,6433
Microrganismos	0,6426
Fonte de fósforo + Microrganismos	0,3239

O fósforo é um dos elementos limitantes para a produção agrícola, isso se dá devido à baixa reposição natural e a falta de fontes naturais (VANCE et al., 2003). Apesar da limitação de fósforo ser mais expressiva na parte aérea que nas raízes da planta, frequentemente é possível observar uma redução no comprimento da raiz principal (CHEN et al., 2000; LINKOHR et al., 2002). Quando o fósforo se encontra limitado no solo, há redução da dominância apical e um aumento no comprimento de raízes laterais na planta. As raízes laterais aparecem como uma estratégia para exploração no solo, visto que quando em conjunto com a raiz principal pode alcançar níveis satisfatórios de absorção de P (SILVA et al., 2009).

Segundo Rosolem et al. (1994), a taxa de crescimento radicular e a concentração de P no solo são fatores que afetam diretamente na absorção do nutriente. Um fator importante para se considerar é a questão entre a liberação e a absorção do nutriente pelas plantas, sendo que, não há garantias de que as raízes se encontram aptas para absorver o fósforo no momento em que ocorre a liberação deste pelas partes orgânicas (MENDES; DOS REIS JUNIOR, 2003).

Quando não foi realizada inoculação de microrganismos o uso de ambas as fontes de fosfato testadas apresentaram maiores teores de P na parte aérea de aveia. A inoculação com *Azospirillum* permitiu maior teor de P quando utilizado o fosfato natural reativo, seguido pelo uso de farinha de osso, ambos superiores a não aplicação de fósforo e diferentes estatisticamente entre si. A inoculação de *B. megaterium* e *B. subtilis* não apresentou diferença estatística entre as fontes de fósforo. E o tratamento contendo *B. megaterium* e *B. subtilis* associado à *Azospirillum* apresentou teores de P em parte aérea superior quando utilizado fosfato natural reativo, não apresentando diferença significativa entre o uso de farinha de o osso e a não aplicação de P (Tabela 4). Os resultados das análises realizadas foram obtidos levando em conta o nível de probabilidade de erro de 0,0692.

Tabela 4 – Teores de fósforo na parte aérea de aveia-branca em função de fontes de fósforo e microrganismos solubilizadores.

Fonte de fósforo	Sem microrganismos	<i>Azospirillum</i>	<i>B. megaterium</i> e <i>B. subtilis</i>	<i>B. megaterium</i> e <i>B. subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>
Fosfato natural reativo	0,36 a	0,40 a	0,36 a	0,38 a
Farinha de osso	0,34 a	0,35 b	0,34 a	0,34 b
Sem fósforo	0,31 b	0,30 c	0,33 a	0,32 b

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Em um estudo realizado por Galindo et al., (2018) foram feitas avaliações relacionadas a inoculação de *Azospirillum* em diferentes cultivares de milho. Foi possível analisar que a interação entre o *Azospirillum* e as cultivares foi positiva. Proporcionando incremento de até 25,7 % no número espigas e de até 5,7 % no peso de 100 grãos. Um outro estudo feito por Fasciglione et al., (2012) revelou um aumento significativo no peso fresco da folha, o teor de ácido ascórbico e a sobrevivência vegetal para transplante em plantas de alface inoculadas com *Azospirillum* cultivadas sob condições salinas ( $0 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$ ). Observou-se também, incremento nos resultados das análises feitas no peso seco da folha, a área e o teor de clorofila também com a inoculação de *Azospirillum* cultivadas a  $40 \text{ mol}^{-3} \text{ NaCl}$ . Um estudo realizado por Lima et al., (2017) com inoculação de *Azospirillum brasiliense* associado ao enraizador no crescimento e produção de alface mostrou-se eficiente em relação a variável altura de planta, promovendo um aumento de 9,86 %.

Segundo Madhaiyan et al. (2010) a bactéria *Azospirillum* é capaz de produzir ácido indolacético, hormônio responsável por promover um aumento no crescimento de plantas. Para Domingues Neto et al., (2013) a produção de promotoras e reguladoras de crescimento é extremamente importante, pois melhoram a eficiência da planta na absorção de água e nutrientes. Para que o *Azospirillum* possa apresentar efeitos favoráveis, é preciso levarem conta uma série de fatores, tais como temperatura e clima favoráveis para seu desenvolvimento, bem como as características genéticas de cada cultivar. (BRACCINI et al.,2012).

A transpiração da aveia-branca foi inferior quando utilizado *Azospirillum*, que também pode ser considerado semelhante estatisticamente com a inoculação de *Bacillus megaterium subtilis* e inoculação de *Bacillus megaterium* e *subtilis* associado à *Azospirillum* (Tabela 5).

Tabela 5 – Atividade de transpiração da aveia-branca em função da presença de diferentes microrganismos.

Tratamentos	Média
Sem microrganismos	1,78 a
<i>B. megaterium</i> e <i>B.subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>	1,65 a b
<i>B. megaterium</i> e <i>B.subtilis</i>	1,60 a b
<i>Azospirillum</i>	1,52 b

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Aos 30 dias após a emergência da cultura a transpiração da aveia-branca foi inferior no

tratamento em que foi realizada a aplicação de farinha de osso como fonte de P. O uso de Fosfato natural reativo e a não utilização de fontes de P não diferiram entre si. Nos 15 e 45 dias após a emergência da cultura não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 – Atividade de transpiração da aveia branca em função de fontes de fósforo.

Tratamentos	15 dias	30 dias	45 dias
Sem fonte de fósforo	1,12 <sup>ns</sup>	1,88 a	2,14 <sup>ns</sup>
Fosfato natural reativo	1,12	1,80 a	2,12
Farinha de osso	0,97	1,41 b	2,19

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: diferença não significativa entre os tratamentos.

Levando em consideração os dias após a emergência foi possível observar que a atividade transpiratória no tratamento controle, sem uso de fontes de P, não diferiu dos valores aos 45 dias e aos 30 dias, apenas diferiram dos valores observados aos 15 dias, sendo inferior aos demais (Tabela 7). Já o fosfato natural reativo resultou em diferente atividade transpiratória aos 45 dias, 30 dias e 15 dias, tendo atividade superior com o aumento dos dias (Tabela 7). Quando foi fornecida farinha de osso, também foi verificado diferença quanto a atividade transpiratória aos 45 dias, 30 dias e 15 dias, da mesma forma que com o uso de fosfato natural reativo, teve atividade aumentada com o passar dos dias (Tabela 7). Para Kasim et al. (2013) os microrganismos quando em interação com raízes de plantas possuem a capacidade de aumentar a produção de genes que estão diretamente ligados ao estresse hídrico, sendo possível promover tolerância às condições de estresse, devido ao ajustamento osmótico.

Tabela 7 - Atividade transpiratória da aveia branca aos 15, 30 e 45 dias após a emergência (DAE), em função de diferentes fontes de fósforo.

DAE	Sem fósforo	Fosfato natural reativo	Farinha de osso
45 dias	2,14 a	2,12 a	2,19 a
30 dias	1,88 a	1,80 b	1,41 b
15 dias	1,12 b	1,11 c	0,97 c

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para a variável teores de CO<sub>2</sub> em relação a fonte de fósforo, o tratamento com farinha de osso e o fosfato natural reativo não diferiram entre si (Tabela 8). O tratamento com fosfato natural reativo não diferiu do tratamento em que não foi usada fonte de fósforo. Verificou-se

diferença apenas entre o tratamento com farinha de osso (teor de CO<sub>2</sub> superior) e o que estava sem fonte de fósforo. Quando há uma boa disponibilidade de fósforo para as plantas, pode apresentar incremento na assimilação do CO<sub>2</sub>, além de maior eficiência de carboxilação e atividade fotoquímica (DOMINGUES et al. 2010; WARREN, 2011).

Tabela 8 -Teores de CO<sub>2</sub> na aveia branca em função de diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	Médias
Farinha de Osso	320,3 a
Fosfato Natural Reativo	309,6 a b
Sem fósforo	291,7 b

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Para a variável teores de CO<sub>2</sub> em relação aos dias após a emergência, não foi verificada diferença significativa entre os 15 dias e 30 dias (Tabela 9). Os resultados encontrados nos 30 dias e 45 dias também não diferiram entre si. Foi observado maior teor de CO<sub>2</sub> aos 15 dias, e os menores teores de CO<sub>2</sub> aos 45 dias.

Tabela 9 - Teores de CO<sub>2</sub> na aveia-branca, na média das fontes de fósforo, em função da época de avaliação.

DAE	Médias
15	320,0 a
30	305,8 a b
45	295,8 b

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Com relação a condutância estomática, o uso de farinha de osso e inoculação com *Azospirillum* tiveram valores superiores, semelhantes estatisticamente ao uso de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*, entretanto este segundo tratamento não diferiu estatisticamente do emprego de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* associados com *Azospirillum* e da não utilização de nenhum microrganismo (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores de condutância estomática observada em aveia-branca em função de diferentes fontes de fósforo e diferentes microrganismos solubilizadores.

Tratamentos	Sem fósforo	Farinha de osso	Fosfato natural reativo
<i>Azospirillum</i>	0,140 <sup>ns</sup>	0,227 a	0,137 <sup>ns</sup>
<i>B. megaterium</i> e <i>B.subtilis</i>	0,150	0,179 a b	0,134
Sem microrganismos	0,158	0,168 b	0,161
<i>B. megaterium</i> e <i>B.subtilis</i> + <i>Azospirillum</i>	0,146	0,150 b	0,156

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: diferença não significativa entre os tratamentos.

Em função dos dias após a emergência, os diferentes tratamentos aos 15 dias e aos 30 dias não diferiram estatisticamente (Tabela 11). No entanto, aos 45 dias foi constatada maior condutância estomática na aveia-branca cultivada com o substrato que recebeu como fonte de fósforo a farinha de osso. Para Terashima et al. (2006); Sekiya; Yano (2008), a disponibilidade do fósforo pode afetar a condutância estomática por ter associação com as características morfológicas e anatómicas da folha modificadas pela expansão foliar.

Tabela 11 - Valores de condutância estomática observada em aveia branca aos 15, 30 e 45 dias após a emergência da aveia branca.

Tratamentos	15 dias	30 dias	45 dias
Farinha de osso	0,121 <sup>ns</sup>	0,136 <sup>ns</sup>	0,285 a
Sem fonte de fósforo	0,102	0,134	0,208 b
Fosfato natural reativo	0,103	0,132	0,205 b

Letras distintas na coluna tiveram diferença significativa entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

<sup>ns</sup>: diferença não significativa entre os tratamentos.

De acordo com a Tabela 12, os valores obtidos na análise de variância sobre a variável atividade fotossintética com relação à fonte de fósforo, mostram que os resultados obtidos no tratamento sem fonte de fósforo não diferiram dos valores obtidos com o tratamento em que foi aplicado fosfato natural reativo como fonte de fósforo. Os valores obtidos no tratamento com fosfato natural reativo e farinha de osso também não diferiram entre si. Apenas o tratamento com farinha de osso diferiu do tratamento controle.

Tabela 12 - Atividade fotossintética da aveia-branca submetida a diferentes fontes de fósforo.

Tratamentos	Médias
Sem fonte de fósforo	8,80 a
Fosfato natural reativo	7,46 a b
Farinha de osso	6,96 b

O fósforo é essencial para o processo da fotossíntese, pois quando há limitação do nutriente, há também uma diminuição da expansão foliar, conseqüentemente reduzindo a irradiância sobre o tecido foliar. (RODRIGUEZ et al., 1998). Segundo Rao; Terry (1989) a baixa atividade fotossintética pode estar ligada a uma redução na atividade da Rubisco e regeneração da Ribulose 1,5-bisfosfato, que se dá devido à deficiência de fósforo, não sendo possível confirmar esses resultados no presente trabalho. De acordo com Cleland et al., (1998) todo o carbono que é assimilado passa pelo sítio de ativação da Rubisco. De acordo com Taiz; Zeiger, (2013) o fósforo é indispensável para a síntese de ATP, necessário no ciclo fotossintético C3, como é o caso da aveia branca. Na Tabela 13, os resultados obtidos com a variável atividade fotossintética em relação à época, o valor obtido aos 45 dias diferiu dos resultados obtidos aos 30 dias e 15 dias.

Tabela 13 - Atividade fotossintética da aveia branca aos 15, 30 e 45 dias após a emergência.

Época	Médias
45	11,3 a
30	6,6 b
15	5,3 b

## 5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a bactéria *Azospirillum* associado ao fosfato natural reativo proporcionou resultados favoráveis na cultura da aveia branca em relação a diâmetro de colmo, altura de planta e ao teor de fósforo na parte aérea da planta.

Com relação a teor de fósforo nas raízes, não se constatou efeito de nenhum dos tratamentos, demonstrando a necessidade de se realizar novas pesquisas, visto que se trata de alternativas promissoras para o desenvolvimento da cultura atualmente.

De acordo com os resultados analisados, houve maior atividade de transpiração na parcela que não recebeu microrganismos para as variáveis com microrganismos e em função das fontes de fósforo. Já a atividade de transpiração das diferentes fontes de fósforo com relação à época, o fosfato natural reativo e a farinha de osso proporcionaram valores diferentes. Houve maior teor de CO<sub>2</sub> nas parcelas que receberam a farinha de osso como fonte de fósforo. Os valores de condutância estomática foram maiores aos 45 dias nas parcelas que receberam a

farinha de osso. Os valores obtidos para atividade fotossintética foram maiores aos 30 dias nas parcelas que não receberam fonte de fósforo.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. S. de; RODRIGUES, B. N. **Guia de herbicidas: contribuição para o uso adequado em plantio direto e convencional.** Londrina: IAPAR, 1985. 468p.

ARAUJO F. F. & HUNGRIA, M. (1999). Nodulação e rendimento de soja, co-infectada com *Bacillus subtilis*, *Bradyrhizobium japonicum*/ *Bradyrhizobium elkanii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,**

ARAUJO, F. F.; HENNING, A.; HUNGRIA, M. Phytohormones and antibiotics produced by *Bacillus subtilis* and their effects on seed pathogenic fungi and on soybean root development. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 21, p. 1639-1645, 2005.

ARAUJO, F. F. Inoculação de sementes com *Bacillus subtilis*, formulado com farinha de ostras e desenvolvimento de milho, soja e algodão. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p. 456-462, 2008.

ARAÚJO, F. F.; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. **Ciência Rural**, v.39, n. 5, p. 1558-1561, 2009.

BRACCINI, A. L.; DAN, L. G. M.; PICCININ, G. G.; ALBRECHT, L. P.; BARBOSA, M. C.; ORTIZ, A. H. T. Seed Inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 58-64, 2012.

BRUM, M. da S. et al. **Inoculação com *azospirillum brasilense*, manejo de pastejo e nitrogênio em integração lavoura-pecuária.** 2015. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

CAVALLET, L. E. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.1, p.129-132, 2000.

CHEN, D. L. et al. Conditional identification of phosphate-starvation-response mutants in *Arabidopsis thaliana*. **Planta**, Berlin, v. 211, n.1, p. 13-22, 2000.

CLELAND W. W.; ANDREWS T. J.; GUTTERIDGE S.; HARTMAN E. C.; LORIMER G. H. Mechanism of rubisco: the carbamate as general base. **Chem. Rev.** v. 98, p. 549-561, 1998.

COUTINHO, P. W. R. et al. Doses de fósforo na cultura do feijão-caupi na região nordeste do Estado do Pará. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 66-73, 2014. <https://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/1310>.

SILVA, A. A.; DELATORRE, C. A. Alterações na arquitetura de raiz em resposta à disponibilidade de fósforo e nitrogênio. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 8, n. 2, p.

152-163, 2009.

LIMA, A. A. et al. Eficiência da inoculação de *Azospirillum brasilense* associado com enraizador no crescimento e na produção de alface. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 233-240, 2017.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. III - Elementos requeridos à nutrição de plantas. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/541704>.

DIDONET, A. D.; RODRIGUES, O.; KENNER, M. Acúmulo de nitrogênio e de massa seca em plantas de trigo inoculadas com *Azospirillum brasilense*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 9, p. 645-651, 1996.

DOMINGUES NETO, F. J.; YOSHIMI, F. K.; GARCIA, R. D.; MIYAMOTO, Y. R.; DOMINGUES, M. C. S. Desenvolvimento e produtividade do milho verde safrinha em resposta à aplicação foliar com *Azospirillum brasilense*. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1030-1040, 2013.

DOMINGUES, T. F.; MEIR, P.; FELDPAUSCH, T. R.; SAIZ, G.; VEENENDAAL, E. M.; SCHRODT, F.; BEID, M.; DJAGBLETEY, G.; HIEN, F.; CAMPAORE, H.; DIALLO, A.; GRACE, J.; LLOYD, J. Co-limitation of photosynthetic capacity by nitrogen and phosphorus in West Africa Woodlands. **Plant, Cell and Environment**, v. 33, p. 959-980, 2010.

DOS SANTOS, A. F. et al. Biometria e estado nutricional da cultura da aveia branca (*Avena sativa* L.) sob inoculação com *Bacillus subtilis* e *B. megaterium*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, p. e53410515270-e53410515270, 2021.

FASCIGLIONE, G. et al. O *Azospirillum* melhora o crescimento da alface e o transplante sob condições salinas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n.12, p. 2518-2523, 2012.

FERREIRA, D. F. SisVar® (Software estatístico): **Sistema de análise de variância para dados balanceados**, versão 5.6, Lavras: DEX/UFLA, 2011.

FINGER, G. P. **Efeito do fósforo sobre a interação das bactérias isoladas da rizosfera de guandu "(cajanus cajan)"**. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2002.

FREITAS, L. G. Rizobactérias versus nematóides. **REUNIÃO DE CONTROLE BIOLÓGICO DE FITOPATÓGENOS**, v. 7, p. 25-35, 2001.

GALINDO, F. S. et al. Viabilidade técnica e econômica da co-inoculação com *Azospirillum brasilense* em cultivares de soja no Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 51-56, 2018.

HUNGRIA, M. et al. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**, v.331, n.1-2, p.413-425, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.  
**Levantamento** sistemático da produção agrícola. 2014.  
[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa\\_pesq\\_2014\\_abr.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/6/lspa_pesq_2014_abr.pdf)

KANEKO, F. Hi. et al. Doses e fontes de fósforo na cultura da soja. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n.4, p.400-411, 2020.

KASIM, W. A. et al. Control of Drought Stress in Wheat Using Plant-Growth Promoting Bacteria. **Journal of Plant Growth Regulation**, v.32, n.1, p.122-130. 2013.

KLOEPPER, J. W.; LIFSHITZ, R.; ZABLOTOWICZ, R. M. Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. **Trends in Biotechnology**, v.7, p.39-43, 1999.

LEGGETT, M.; CROSS, J.; HNATOWICH, G.; HOLLOWAY, G. Challenges in commercializing a phosphate-solubilizing microorganism: *Penicillium bilaiae*, a case history. In: VELÁZQUEZ, E.; RODRÍGUEZ-BARRUECO, C. (Ed.). **Developments in plant and soil sciences**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 215-222.

LINKOHR, B. I. et al. Nitrate and phosphate availability and distribution have different effects on root system architecture of *Arabidopsis*. **Plant Journal**, v.29, n.6, p. 751-760, 2002.

MADHAIYAN, M.; POONGUZHALI, S.; KANG, B. G.; LEE, Y-J.; CHUNG, J-B.; SA, T-M. Effect of coinoculation of methylotrophic *Methylobacterium oryzae* with *Azospirillum brasilense* and *Burkholderia pyrrocinia* on the growth and nutrient uptake of tomato, red pepper and rice. **Plant and Soil**, v. 328, n. 1, p. 71–82, 2010.

MATTAR, E. P. L.; FRADE JÚNIOR, E. F.; OLIVEIRA, E. de. Caracterização físico-química de cinza de osso bovino para avaliação do seu potencial uso agrícola. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 1, p. 65-70, 2014.

MENDES, I. de C.; DOS REIS JUNIOR, F. B. Microrganismos e disponibilidade de fósforo (P) nos solos: uma análise crítica. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2003.

NOVAKOWISKI, J. H.; SANDINI, I. E.; FALBO, M. K.; MORAES, A.; NOVAKOWISKI, J. H.; CHENG, N. C. Efeito residual da adubação nitrogenada e inoculação de *Azospirillum brasilense* na cultura do milho. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, 2011.

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.

OLIVEIRA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 260).

Pei-Xiang, Y., Li, M. A., Ming-Hui, C., Jia-Quin, X., Feng, H. E., Chang-Qun, D., Ming-He,

M.,Dun-Huang, F.,Yan-Qing, D.&Fa-Xiang, Y. (2012). Phosphate solubilizing ability and phylogenetic diversity of bacteria from phosphorus rich soils around Dianchi lake drainage area of China. **Pedosphere**, 22(5), 707-716.[https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(12\)60056-3](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(12)60056-3).

RAO, M.; TERRY, N. Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet. *Plant Physiology*, Rockville, v.107, p.1313-1321, 1995.

REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22p. (Documentos, 232).

RODRÍGUEZ, D., ZUBILLAGA, M. M., PLOCHUK, E. L., KELTJENS, W. G., GOUDRIAAN, J., LAVADO, R. S. Leaf area expansion and assimilate production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) growing under low phosphorus conditions. **Plant and Soil**, v. 202, p.133-147, 1998.

ROSOLEM, C. A.; ASSIS, J.S.; SANTIAGO, A. D. Root growth and mineral nutrition of corn hybrids as affected by phosphorus and lime. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25 p. 2491-2499, 1994.

SEKINA, N.; YANO, K. Stomatal density of cowpea correlates with carbon isotope discrimination in different phosphorus, water and CO<sub>2</sub> environments. **New Phytologist**, v. 179, p. 799-807, 2008.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. Solubilização de fosfatos por microrganismos na presença de fontes de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 311-319, 2000.

SILVA, L. P.; CIOCCA, M. L. S. **Total, insoluble and soluble dietary fiber values measured by enzymatic-gravimetric method in cereal grains**. **J. Food Compost Anal.**, v. 18, n. 1, p. 113-120, 2005.

SOUSA, C. A. **Solubilização de fósforo por bactérias endofíticas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2010.

SOUSA, D. M. G. de. et al. **Manejo da Adubação Fosfatada para Culturas Anuais no Cerrado**. Circular técnica. Brasília: Embrapa, 2016. 10 p.

SOUSA, S. M.; OLIVEIRA, C. A.; ANDRADE, D. L.; CARVALHO, C. G.; RIBEIRO, V. P.; PASTINA, M. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, U. G. de P.; GOMES, E. A. Tropical *Bacillus* strains inoculation enhances maize root surface area, dry weight, nutrient uptake and grain yield. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 1, p. 1-11, 2020.

STRECK EV et al. 2008. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR. 222p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, pag.21, 1995.

TERRA-LOPES M. L., CARVALHO P. C. F., ANGHINONI I., SANTOS D. T., AGUINAGA A. A. Q., FLORES J. P. C., MORAES A. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, n.39, p.1499-1506, 2009.

TERASHIMA, I.; HANBA, Y.T.; TAZOE, YOUSHI; YYRAS, P.; YANO, SATOSHI. Irradiance and phenotype: comparative eco-development of sun and shade leaves in relation to photosynthetic CO<sub>2</sub> diffusion: **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n.2, p. 342-554, 2006.

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

VORPAGEL, A. G. **Inoculação de azospirillum, isolado e associado à bioestimulante, em milho, no Noroeste do RS**. 2010.

WARREN, C. R. How does P affect photosynthesis and metabolite profiles of Eucalyptus globules? **Tree Physiology**, v. 31, p. 727-739, 2011.

