

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
CURSO DE AGRONOMIA

Vinicius Rodrigo Mazzuco

Avaliação de *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. na promoção de crescimento e solubilização de superfosfato triplo no alho

Curitibanos  
2020

Vinicius Rodrigo Mazzuco

**Avaliação de *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. na promoção de crescimento e solubilização de superfosfato triplo no alho**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma

Orientadora: Profa. Dra. Gloria Regina Botelho

Curitibanos  
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Mazzuco, Vinicius Rodrigo

Avaliação de *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. na promoção de crescimento e solubilização de superfosfato triplo no alho / Vinicius Rodrigo Mazzuco ; orientador, Gloria Regina Botelho, 2020.

44 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2020.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Microrganismos. 3. Rizobactérias. 4. Solubilização. 5. Fósforo. I. Botelho, Gloria Regina . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III. Título.

Vinicius Rodrigo Mazzuco

**Avaliação de *Pseudomonas* sp. e *Bacillus* sp. na promoção de crescimento e solubilização de superfosfato triplo no alho**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo e aprovado em sua forma final pelo Curso Agronomia.

Curitiba, 19 de novembro de 2020.



Documento assinado digitalmente  
Samuel Luiz Fioreze  
Data: 25/11/2020 11:51:51-0300  
CPF: 052.258.059-90

---

Prof. Dr. Samuel L. Fioreze  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
Gloria Regina Botelho  
Data: 24/11/2020 16:24:58-0300  
CPF: 802.241.057-87

---

Profa. Dra. Glória Regina Botelho  
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Gustavo Rufatto Comin  
Data: 25/11/2020 11:04:06-0300  
CPF: 050.285.559-23

---

Prof. Ms. Gustavo Comin  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Dr. Marco Antônio Lucini  
Membro da banca examinadora  
Consultor e ex-pesquisador EPAGRI - Curitiba



Este trabalho é dedicado à minha família, sendo o meu alicerce permitindo que tudo se tornasse possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Especialmente aos meus pais, Luiz Roque e Juliana, que fizeram de tudo, para que eu conseguisse chegar até aqui, minha irmã Amanda por me ajudar e me apoiar sempre. Obrigado por todos os puxões de orelhas dados durante essa caminhada, conselhos e por nunca deixarem de acreditar em mim. Vocês são os responsáveis por mais essa conquista em minha vida.

Aos meus amigos que muitas vezes foram um pouco da minha família, contribuindo na formação acadêmica, e na vida fora do curso. Por mais que algumas vezes a realizações dos trabalhos foram nos últimos minutos, a fidelidade na amizade nunca faltou.

Agradeço a minha orientadora, Glória Regina Botelho, por me ouvir e confiar, transmitindo seus conhecimentos que auxiliaram na construção desse trabalho.

E a todos os envolvidos que de alguma forma contribuíram, possibilitando me chegar até aqui.

Meu muito obrigado a todos.

## RESUMO

O cultivo do alho vem se destacando no cenário econômico, apresentando 132,8 mil toneladas comercializáveis. No Brasil, destacam-se os estados de Minas Gerais, Goiás e Santa Catarina, com produções de 52,0; 29,6 e 22,4 mil toneladas respectivamente. No cenário catarinense, o cultivo do alho é potencializado devido o manejo adequado em todas as etapas do desenvolvimento. Entre os fatores mais relevantes no custo de produção dessa cultura, a adubação com fósforo está presente. Nesse sentido, a utilização de microrganismos solubilizadores de fósforo, especialmente rizobactérias do grupo fluorescente de *Pseudomonas sp.* e *Bacillus sp.* podem aumentar sua absorção, bem como contribuir no desenvolvimento das plantas. O objetivo com este trabalho foi avaliar o potencial de isolados de *Pseudomonas sp.* do grupo fluorescente e *Bacillus sp.* como solubilizadores de fósforo no desenvolvimento e na produção de alho. O experimento foi conduzido em campo, na propriedade rural no município de Fraiburgo- SC, no ano de 2019, com delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições e em esquema fatorial de 4x3. Foram avaliados três tratamentos com isolados: Isolado CBS02 de *Pseudomonas* fluorescente; isolado EB17 de *Bacillus sp.* e uma mistura dos dois isolados. A testemunha não recebeu inoculação. Todos foram submetidos a três doses de superfosfato triplo (SPT): 0%, 50% e 100% da dose recomendada para a cultura que é de 945, 65 Kg/ha de SPT. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e quando significativos, as médias comparadas pelo método Skott-Knott a 5% de significância. O tratamento com a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS02+ *Bacillus* (isolado EB17) se mostrou superior aos demais para as variáveis, tamanho de folha, produtividade e teor de P na folha, quando utilizado 0% da dose de superfosfato triplo (SPT). A combinação dos isolados se mostrou efetiva também para a variável massa seca, quando se utilizou 100% da dose de SPT. Os demais tratamentos não apresentaram diferenças significativas. A inoculação com os dois isolados foi efetiva, exercendo o papel de disponibilizar e suprir as necessidades de fósforo à planta. Utilização de rizobactérias inoculadas em bulbilhos de alho tem influência na solubilização do fosfato, no desenvolvimento e na produção da cultura. Esses resultados evidenciam a importância de novos estudos.

**Palavras-chave:** Alliaceae. Fósforo. Inoculação. Bulbilhos. Rizobactérias.

## ABSTRACT

The cultivation of garlic has been standing out in the economic scenario, presenting 132.8 thousand tradable tons. In Brazil, the states of Minas Gerais, Goiás and Santa Catarina stand out, with production of 52.0; 29.6 and 22.4 thousand tons respectively. In the Santa Catarina scenario, the cultivation of garlic is enhanced due to the proper management in all stages of development. Among the most relevant factors in the production cost of this crop, fertilization with phosphorus is present. In this sense, the use of phosphorus-solubilizing microorganisms, especially rhizobacteria of the fluorescent group of *Pseudomonas* sp. and *Bacillus* sp. can increase their absorption, as well as contribute to the development of plants. The objective of this work was to evaluate the potential of *Pseudomonas* sp. of the fluorescent group and *Bacillus* sp. as phosphorus solubilizers in garlic development and production. The experiment was conducted in the field, on a rural property in the municipality of Fraiburgo-SC, in 2019, with a randomized block design, with four replications and in a 4x3 factorial scheme. Three treatments with isolates were evaluated: Isolate CBS02 from fluorescent *Pseudomonas*; isolated EB17 from *Bacillus* sp. and a mixture of the two isolates. The witness received no inoculation. All were submitted to three doses of triple superphosphate (SPT): 0%, 50% and 100% of the recommended dose for the crop, which is 945, 65 Kg / ha of SPT. The data were submitted to analysis of variance by the F test, and when significant, the means compared by the Skott-Knott method at 5% significance. The treatment with the association of *Pseudomonas* (isolated CBS02 + *Bacillus* (isolated EB17) was superior to the others for the variables, leaf size, productivity and P content in the leaf, when 0% of the triple superphosphate (SPT) dose was used. The combination of isolates was also effective for the dry mass variable, when 100% of the SPT dose was used. The other treatments did not show significant differences. The inoculation with the two isolates was effective, playing the role of providing and meeting the needs of phosphorus to the plant, use of rhizobacteria inoculated in garlic bulbs has an influence on the phosphate solubilization, on the development and production of the crop, these results highlight the importance of further studies.

**Keywords:** Alliaceae. Phosphor. Inoculation. Bulbs. Rhizobacteria.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Análise de solo. ....	23
Figura 2: Preparação de canteiros e plantio. ....	24
Figura 3: Realização do preparo do solo para implantação do experimento. ....	25
Figura 4: Classificadora .....	26
Figura 5: Bulbilhos de 5g . ....	26
Figura 6: Inoculante e sementes já inoculadas. ....	28
Figura 7: Adubação e plantio do alho. ....	29
Figura 8: Trituração e pesagem de amostras. ....	30
Figura 9: Colheita e armazenagem do alho .....	31
Figura 10: Identificação e pesagem. ....	32
Figura 11: Tamanho da quarta folha, com inoculação de rizobactérias . ....	33
Figura 12: Tamanho da quarta folha. Combinação dos isolados e das doses de SFT. .	34
Figura 13: Efeito das doses de SFT sobre a massa seca de folhas.....	35
Figura 14: Massa seca da quarta folha, combinação dos isolados e doses de SFT. ....	36
Figura 15: Teor de Fósforo na folha. ....	37
Figura 16: Efeito da combinação de doses e isolados no teor de P na quarta folha. ....	37
Figura 17: Produção do alho. ....	39
Figura 18: Produção. Tratamentos e doses de SPT. ....	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	17
1.1.1	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>17</b>
1.1.2	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
2.1	CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO ALHO .....	18
2.2	PANORAMA ECONÔMICO DO ALHO .....	18
2.3	FÓSFORO NO SOLO E ADUBAÇÃO FOSFATADA .....	19
2.4	ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA .....	19
2.5	RIZOBACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS .....	20
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
3.1	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	22
3.2	DEFINIÇÃO DE DELINEAMENTO E TRATAMENTOS.....	22
3.3	PREPARO DE ÁREA .....	24
3.4	PREPARO DOS BULBILHOS .....	25
3.5	PREPARO DE INOCULANTES E INOCULAÇÃO .....	27
3.6	PLANTIO .....	28
3.7	PARÂMETROS AVALIADOS .....	29
3.7.1	<b>Tamanho de folha da quarta folha.....</b>	<b>29</b>
3.7.2	<b>Massas úmida e seca da quarta folha.....</b>	<b>29</b>
3.7.3	<b>Teor de Fósforo nas folhas .....</b>	<b>30</b>
3.7.4	<b>Produção .....</b>	<b>31</b>
3.7.5	<b>Análises estatísticas.....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>

4.1	TAMANHO DA QUARTA FOLHA .....	33
4.2	MASSA SECA E MASSA ÚMIDA DA QUARTA FOLHA.....	35
4.3	TEOR DE FÓSFORO NA FOLHA .....	37
4.4	PRODUÇÃO .....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo do alho vem se destacando no cenário econômico nos últimos anos, com o aumento de produtividade no ano de 2017, atingindo 132,8 mil toneladas comercializáveis (CONAB, 2017). Entre os três principais estados produtores, Minas Gerais lidera o ranking nacional com a produção de 52,0 mil toneladas, seguido de Goiás, com 29,6 mil toneladas e em terceiro lugar, destaca-se Santa Catarina, com a produção de 22,4 mil toneladas (CONAB, 2017). Na mesorregião do oeste de Santa Catarina, encontra-se a cidade de Fraiburgo, considerada uma das principais produtoras do estado, registrando, no ano de 2018, 19,1 mil toneladas de alho, enfatizando sua importância no cenário do agronegócio catarinense (CEPA/EPAGRI, 2018).

No cenário catarinense cultivo do alho só consegue atingir elevadas produções, quando se faz o manejo adequado em todas as etapas do desenvolvimento da cultura, principalmente, em relação a adubação do solo. De acordo com os dados disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina –EPAGRI, através do Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola, em 2018, foram empregados cerca de R\$ 2.698,00 em adubação para cinco hectares de alho plantado. Dentro desse montante, R\$1.965,00 são gastos com adubação que contém fósforo (P) em sua formulação. Nota-se que o custo da adubação de base utilizando P é elevada, pois, busca-se diminuir a deficiência de P na cultura que é visível nas folhas mais velhas, assim como, na presença de bulbos com tamanhos indesejáveis (RESENDE; FILHO, 1999). Geralmente, utiliza-se quantidades elevadas da adubação fosfatada, para compensar a quantidade do elemento que fica retida no solo devido a sua capacidade de retenção aos coloides e sua baixa mobilidade (BÜLL *et al.*, 2004).

Com intuito de aumentar a eficiência e aproveitamento da adubação fosfatada, buscando reduzir os custos de produção e possíveis problemas ambientais gerados, novas alternativas e tecnologias têm sido estudadas (CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2010). A utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato (MSF) tem se mostrado uma alternativa promissora (ABREU, 2014; GOLDESTEIN, 1986; KIM *et al.*, 1998; RODRIGUEZ; FRAGA, 1999). Seu uso pode servir como estratégia para realizar a solubilização de fosfato inorgânico, assim como, a mineralização do P, deixando-o prontamente disponível para a planta, como descrito por GOMES *et al.* (2016).

De acordo Zamariolli *et al.* (2019) houve aumento nos estudos e na utilização de microrganismos solubilizadores de fosfato insolúveis. Dentre os diversos grupos de

microrganismos, destacam-se as rizobactérias promotoras do crescimento de plantas (RPCP) (ZAMARIOLLI *et al.*, 2019; ZUCARELI *et al.*, 2018).

Alguns gêneros bacterianos têm se mostrado promissores (FREITAS; VILDOSO, 2004). Dentre esses, as bactérias do grupo fluorescente de *Pseudomonas* sp. que possuem funcionalidade na solubilização de fosfato e com ampla capacidade de promover o crescimento de plantas (MARRA, 2012). Além de *Pseudomonas* sp., o gênero *Bacillus* também apresenta capacidade de disponibilizar fósforo no solo, bem como, de auxiliar na absorção dos nutrientes e desenvolvimento de planta (DIAZ, 2018).

No mercado, já há disponibilidade de produtos à base de bactérias solubilizadoras de fosfatos o que indica resultados importantes no aumento de produção e qualidade das plantas na lavoura (ZAMARIOLLI *et al.*, 2019; ZUCARELI *et al.*, 2018). Um exemplo de aplicação desses organismos é o inoculante BiomaPhos desenvolvido pela EMBRAPA que contém o *Bacillus megaterium* (BRM 119) e *Bacillus subtilis* (BRM 2084) indicado para a cultura do milho (PAIVA, 2019). A inoculação com BiomaPhos na semente de milho, juntamente com a adubação reduzida de superfosfato triplo, aumentou a capacidade de promover a absorção de P pelas raízes na cultura, em que resultou em 10% no aumento da produção por hectare (PAIVA, 2019). Segundo a EMBRAPA Milho e Sorgo, 88% do P presente no solo é encontrado na forma orgânica, ou seja, indisponível para absorção pelas raízes (PARENTONI, 2019). Logo, a ação das bactérias solubilizadoras, *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* presente no produto, disponibilizam o P para sua absorção pelas raízes (EMBRAPA, 2019).

Neste sentido, supôs-se que isolados CBS02 de *Pseudomonas* sp. fluorescente e *Bacillus* sp. EB17, da coleção do Laboratório de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (LMPCP) do *campus* de Curitiba da UFSC, com capacidade de solubilizar fosfato *in vitro*, poderiam estimular o desenvolvimento e produção de alho em condições de campo.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o potencial de isolados de *Pseudomonas* sp. do grupo fluorescente e *Bacillus* sp. como solubilizadores de fósforo no crescimento e na produção de alho.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar o efeito das combinações dos isolados de *Pseudomonas* e *Bacillus* com diferentes doses de superfosfato triplo;

Identificar o (s) isolado (s) mais eficiente (s) na absorção de P, bem como, na promoção de crescimento de plantas;

Gerar resultados que possam contribuir com futuros estudos para solubilização de fosfato na cultura do alho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 CARACTERÍSTICAS BOTÂNICAS DO ALHO

O alho é membro da família Alliaceae, sendo assim uma planta herbácea, chegando a atingir 60 cm de altura, dependendo dá cultivar. As folhas são alongadas e estreitas, contendo serosidade ao longo das mesmas. A planta é reproduzida através de bulbilhos ou dentes, como é conhecido popularmente. Esses bulbilhos possuem variação de cor devido a uma capa protetora, podendo essa ter variações entre branca, vermelha e roxa. A junção de 10 a 13 bulbilhos formará os bulbos que são protegidas por diversas camadas túnicas brancas (RESENDE; HABER; PINHEIRO, 2018)

Conforme os estudos realizados por Lucini (2003), o ciclo do alho é compreendido em três fases: primeira fase: inicia-se na brotação e permanece até a completa autonomia da planta que é visível pelo desaparecimento da folha reserva; segunda fase: emissão de folhas novas e se estende até o início da diferenciação; e pôr fim, a terceira fase que é o desenvolvimento dos bulbilhos até a maturação completa do bulbo, em que se realiza a colheita (LUCINI, 2003).

### 2.2 PANORAMA ECONÔMICO DO ALHO

É visível que a produção do alho possui grande importância econômica, para o mercado brasileiro. Dados divulgados pela Conab (2017) mostraram que a produção nacional de alho atingiu 133 mil toneladas, com área total de 11.158 ha, superando a produção do ano anterior em 0,4%, destacando a capacidade de produção de alho no país (FAGUNDES, 2019).

Além disso, a Conab (2019) divulgou o montante pago ao produtor, sendo em torno de R\$ 78,00 por caixa de 10kg, valor esse referente ao que girou no mercado nos quatro estados detentores das maiores produções: Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (FAGUNDES, 2019).

O estado de Santa Catarina ocupa a terceira posição na classificação nacional, tendo produção interna de 22,4 mil toneladas de alho com área total de 2.500 hectares no ano de 2018, mostrando se importante para a economia do estado (FAGUNDES, 2019). Destaca-se, dentro do cenário catarinense, a mesorregião de Fraiburgo que na safra de 2017/18 alcançou 19,1 mil toneladas do produto colhido. (SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DA PESCA, 2017).

### 2.3 FÓSFORO NO SOLO E ADUBAÇÃO FOSFATADA

O fósforo é um dos macros nutrientes mais importantes dentro da adubação mineral, logo o que mais chama atenção na sua utilização é a quantidade aplicada, para que se torne disponível às plantas (DUARTE, 2019). Isso ocorre devido à facilidade em ligar-se a outras moléculas no solo como Ca, Al, e Fe tornando-se pouco acessível às plantas pelo processo de adsorção (SOUZA *et al.*, 2007).

Nota-se três formas presentes de P no solo, sendo essas: forma solúvel, pouco solúvel e insolúvel (SOUZA *et al.*, 2007). As duas primeiras podem ter suas concentrações prontamente aumentadas pela adição de adubos fosfatados. Porém, sua eficácia diminui com o passar do tempo, pela ação dos processos de adsorção/fixação que são presentes na maioria dos solos do Brasil (SOUZA *et al.*, 2007). Alguns exemplos de adubos fosfatados são Superfosfatos simples e ou triplo, fosfatos de amônio e os fosfatos parcialmente solubilizados (FAPS) (BRUNETTO *et al.*, 2008).

A terceira forma de fósforo no solo é a insolúvel, encontrada como fosfatos naturais e predominante em solos agricultáveis (DUARTE, 2019). Sendo essa a que se encontra em maior concentração e de pouca eficiência, devido à baixa solubilidade do P em água (SOUZA *et al.*, 2007).

Preferencialmente, tem-se recomendado aplicações de superfosfato triplo e ou superfosfato simples, como fonte de fósforo, buscando diminuir a insolubilidade no solo (DUARTE, 2019). Uma alternativa, é o uso de fosfatos naturais, embora seja limitado por apresentarem baixa solubilidade no solo, comprometendo sua eficiência (BARRETO *et al.*, 2007). Com intuito de auxiliar a solubilização dessas fontes de fósforo, a utilização de microrganismos tem sido apontada por proporcionar aumento da disponibilidade de P, facilitando sua absorção e acesso pela planta (GERMANO; VIDOR, 2001).

### 2.4 ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO DA CULTURA

Na cultura do alho, geralmente se utiliza 1.500 a 2.000 Kg/ha de adubo de base, nas formulações de 03-30-15 ou 05-25-25 de NPK, respectivamente, aplicadas antes do plantio (LUCINI, 2003). Em relação à adubação mineral se mantém um cuidado especial, quanto às

doses de nitrogênio (N) que serão dispostas ao longo do ciclo, principalmente, para as cultivares que possuem características de super brotamento (LUCINI, 2003).

Outro detalhe peculiar da adubação mineral, é quanto à utilização de adubos fosfatados em doses elevadas (ASSIS, 2011). O fósforo é importante em processos metabólicos e transformações energéticas, favorecendo a respiração, fotossíntese, armazenamento e fornecimento de energia, conseqüentemente, resultando em qualidade e tamanho de bulbo (JACON, 2016; RESENDE; DUSE; MELO, 2004).

Acima de tudo, o P apresenta características distintas, quando presente no solo. Possui baixa mobilidade, sendo absorvido, exclusivamente, por difusão em um processo ativo, tendo em sua forma, preferencialmente,  $H_2PO_4^-$  (ácido fosfórico), em solos com pH de 4-7 (MACÊDO *et al.*, 2011). Ao contrário do que ocorre no solo, na planta, o P é totalmente móvel, transferido de tecidos mais velhos para regiões que estão ativas, em crescimento, atingindo maior concentração (YAMADA; ABDALLA, 2004).

Porém, no alho, quando a concentração de P é reduzida, é visível a deficiência do nutriente, ocasionando o amarelecimento irregular das folhas mais velhas que se espalham do ápice para a base, além da diminuição no crescimento de plantas, sendo facilmente confundido com deficiência de nitrogênio (ANDRIOLI, *et al.*, 2008; RESENDE, FILHO, 1999; JACON, 2016). Por se tratar de um recurso natural não renovável, o P deve ser utilizado de forma que evite desperdícios (JACON, 2016). Segundo Moreira e Siqueira (2002), estimasse que 75% do P aplicado fica retido aos colóides do solo, tornando-se indisponível a curto prazo para absorção. Usualmente, o cultivo agrícola, utiliza as rochas fosfáticas, termofosfatos e os fosfatos solúveis, como fontes de P para suprir as necessidades das plantas (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

## 2.5 RIZOBACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS

As rizobactérias fazem parte de um grupo de microrganismos que detêm a capacidade de promover a colonização em alto nível da rizosfera e no sistema radicular das plantas (COELHO *et al.*, 2007). As Rizobactérias Promotoras de Crescimento Vegetal (RPCP) promovem a qualidade do solo, bem como o crescimento vegetal, através da disponibilização de nutrientes para as plantas. Esse processo ocorre devido a diversos mecanismos, como fixação biológica do N, solubilização de fosfatos, produção de diferentes fitormônios e metabólitos secundários inibidores de patógenos (AMARAL *et al.*, 2017, ARAUJO, 2013).

A gama encontrada de gêneros dentro das RPCP é ampla, sendo algumas, como as diazotróficas do gênero *Azospirillum*, *Azobacter*, *Rhizobium* e afins (AMARAL *et al.*, 2017) bastante estudadas. Além das diazotróficas, os gêneros *Bacillus* e *Pseudomonas*, devido a outros mecanismos de promoção de crescimento têm apresentado resultados relevantes (SAHARAN, 2011; GRAÇAS *et al.*, 2015).

O gênero *Bacillus* é considerado bactéria gram-positiva, com alto potencial em influenciar o crescimento vegetal e, muitas vezes, é observada a capacidade em solubilizar P retido no solo (MAIS SOJA, 2020). Segundo Wahyudi *et al.* (2011), quando utilizado o *Bacillus* em forma de inoculante em sementes de trigo, verificaram aumento de 43% na produção da cultura. Os inoculantes à base de *Bacillus*, são considerados produtos mais estáveis, quando em contato com o meio ambiente, pois essas bactérias têm a capacidade de formar endósporo, ampla adaptação a condições abióticas extremas e tolerância à diversas substâncias químicas (; WAHYUDI *et al.*, 2011).

Outro gênero estudado, é *Pseudomonas sp* do grupo fluorescente que são bactérias gram-negativa, obrigatoriamente aeróbias, metabolicamente versátil, potencialmente colonizadoras de raízes e tubérculos, com capacidade elevada de melhorar o crescimento vegetal, bem como contribuir para a nutrição de plantas (BATISTA, 2015). Possuem, também a capacidade de liberar prótons, durante à respiração e na assimilação de amônio (ZAMARIOLLI, 2016). Além de sua importância na solubilização de fosfatos inorgânicos e excreção de ácidos orgânicos, contribuem para o crescimento morfológico das raízes, ampliando sua área de exploração no solo e facilitando a absorção de água pelos vegetais (CHAVES *et al.*, 2013; VESSEY, 2003).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado na cidade de Fraiburgo (SC), na propriedade do Sr. Luiz Roque Mazzuco, nas seguintes coordenadas geográficas: 27°05'15.9"S de latitude Sul e 50°53'59.7"W de latitude Oeste, altitude de 1.048m. No local, o clima segundo a classificação Koppen, é do tipo Cfb- Clima Temperado (mesotérmico úmido e verão ameno) e solo classificado como cambisol (SANTOS *et al.*, 2018).

#### 3.2 DEFINIÇÃO DE DELINEAMENTO E TRATAMENTOS

Inicialmente, por se tratar de um experimento conduzido em campo, em que não é possível o controle das condições climáticas, optou se por utilizar o delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema fatorial de 4x3x4, com quatro repetições. Neste foram avaliados dois isolados bacterianos da coleção de Microrganismos promotores de Crescimento de Plantas da Universidade Federal de Santa Catarina *campus* Curitibanos. Esses isolados apresentaram índices de solubilização de fosfatos significativos em ensaios de laboratório. O primeiro isolado foi CBS02 de *Pseudomonas* sp. do grupo fluorescente e o EB17 de *Bacillus* sp.

Os tratamentos foram definidos da seguinte forma:

T1: Inoculação com isolado CBS02, combinado com três doses de superfosfato triplo:0%, 50% e 100% da dose de superfosfato triplo recomendada;

T2: Inoculação com isolado EB17, combinado com três doses de superfosfato triplo:0%, 50% e 100% da dose de superfosfato triplo recomendada.;

T3: Inoculação com a associação dos isolados CBS 02 e EB17, combinados com três doses de superfosfato triplo:0%, 50% e 100% da dose de superfosfato triplo recomendada;

T4: Testemunha, sem inoculação, combinada com três doses de superfosfato triplo:0%, 50% e 100% de superfosfato triplo da dose de superfosfato triplo recomendada.

As doses de superfosfato triplo foram definidas de acordo com a recomendação do Manual de Adubação e Calagem, em que se calculou a quantidade para a adubação de base.

Com base na análise de solo (Figura 1) efetuada em 12/07/2019, e seguindo as recomendações do Manual de Adubação e Calagem, o teor de P foi considerado baixo. É recomendada a aplicação de 435kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Como se optou por utilizar o Superfosfato triplo (SPT) (46%) como adubação de base, realizou-se o seguinte cálculo:

$$435\text{kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha} \times 0,46 = 945, 65 \text{ Kg SPT/ha}$$

Como na recomendação, o valor é dado em kg SPT/ha, realizou se o cálculo das doses de 100% e 50% de SPT que foram aplicados às parcelas de 1,4m<sup>2</sup>:

$$10000\text{m}^2 - 945\text{kg SPT/ha}$$

$$1,4\text{m}^2 \text{ --- } - x$$

$$x = 0,1323 \text{ kg de SPT}$$

Logo:

100% de Superfosfato triplo = 0,132 kg

50% de Superfosfato triplo = 0,66 kg

Na dose 0%, não foi utilizado a adubação de base.

Figura 1: Análise de solo.

												
<b>Cliente:</b> VINICIUS RODRIGO MAZZUCO <b>Endereço:</b> SÍTIO VISTA ALEGRE LIBERATA <b>Proprietário:</b> VINICIUS RODRIGO MAZZUCO <b>Data de Recebimento:</b> 10/07/2019				<b>CNPJ:</b> 084.724.509-88 <b>Cidade:</b> Fraiburgo, Santa Catarina <b>CEP:</b> 89.580-000 <b>Localidade:</b> SÍTIO VISTA ALEGRE LIBERATA - FRAIBURGO / SC <b>Data de realização dos ensaios:</b> 12/07/2019				<b>RELATÓRIO DE ENSAIO: 11705.2019</b> <b>IE:</b> não informado <b>Telefone:</b> (0) 99385067 <b>CPF Produtor:</b> 084.724.509-88 <b>Conclusão do relatório:</b> 15/07/2019				
Protocolo	DADOS DA AMOSTRA											
	Matricula	Cultura	Coletor	Data da Coleta	Ponto Coleta	Profundidade (cm)	Área (ha)					
11705.2019.SI.1.1	13.187	ALHO	vide(1)	09/07/2019	-	0-20	1,0					
Amostra	Argila %	pH 1:1	Índice SMP	Fósforo mg/dm <sup>3</sup>	Potássio mg/dm <sup>3</sup>	Potássio cmolc/dm <sup>3</sup>	Potássio (%)	Materia orgânica %	Alumínio cmolc/dm <sup>3</sup>	Cálcio cmolc/dm <sup>3</sup>	Magnésio cmolc/dm <sup>3</sup>	Cálcio (%)
11705.2019.SI.1.1	69	6,6	6,4	6,97	415,49	1,06	5,79	4,1	<0,01	9,53	5,00	51,96
Amostra	Magnésio (%)	Carbono g/dm <sup>3</sup>	Acidez Potencial cmolc/dm <sup>3</sup>	Saturação de bases %	Soma de bases cmolc/dm <sup>3</sup>	CTC efetiva cmolc/dm <sup>3</sup>	CTC pH7 cmolc/dm <sup>3</sup>	Saturações por alumínio %	Cálcio / magnésio	Cálcio / potássio	Magnésio / potássio	
11705.2019.SI.1.1	27,23	24,07	2,75	84,98	5,6	15,95	18,34	0,00	1,91	8,97	4,70	-

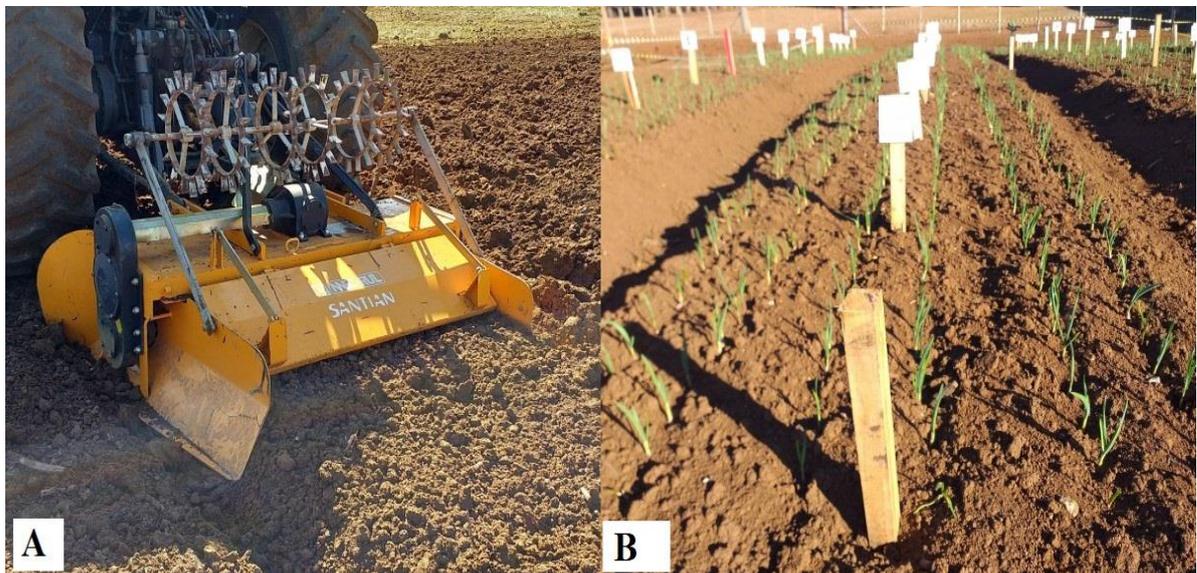
Fonte: O autor.

### 3.3 PREPARO DE ÁREA

A área utilizada para implantação do experimento foi dividida em 48 parcelas, cada uma com 1,0m x 1,4m e área de 1,4m<sup>2</sup> por parcela. O total de área utilizada foi 50,4m<sup>2</sup> para o experimento.

O estabelecimento de plantas foi realizado com auxílio de um marcador de linha, com qual obteve se três fileiras duplas de 15cm entre filas e espaçamento entre bulbilhos de 9cm (Figura 2).

Figura 2: Preparação de canteiros e plantio.



A: enxada rotativa com marcador de linha; B: Plantas estabelecidas. Fonte: O autor

Por ser um experimento implantado em uma propriedade rural, na área disponibilizada pelo produtor, já havia sido feita a calagem, com 3,5t/ha de calcário dolomítico, três meses antecedente ao estabelecimento do estudo em questão.

Após a realização da calagem, antecedendo o plantio, foi efetuado o preparo do solo com o intuito de descompactar e possibilitar o estabelecimento de plantas. Na etapa de preparação do solo (Figura 3) foram efetuadas duas gradagens, seguidas de subsolagem profunda e a demarcação dos canteiros utilizando a enxada rotativa.

Figura 3: Realização do preparo do solo para implantação do experimento.



(A) Gradagem leve para destorroamento e nivelamento, (B) Subsolação profunda para descompactação, (C) marcação de canteiros. Fonte: O autor

Após estas etapas, no dia 15 de julho de 2019, antes de realizar o plantio, foi usada mais uma vez, a enxada rotativa com o intuito de realizar o levantamento de canteiros e marcação das linhas para auxiliar no plantio.

#### 3.4 PREPARO DOS BULBILHOS

Foi utilizado a cultivar Chonan Livre de Vírus (LV) que possui ciclo de 160 dias. Foi realizada a vernalização dos bulbos em câmara fria, durante 30 dias a uma temperatura de 4°C.

Em seguida, foi procedida a seleção homogênea de bulbilhos em classes, baseada em seus tamanhos e pesos utilizando classificadora (Figura 4).

Figura 4: Classificadora



Fonte: O autor.

Optou por utilizar, nesse experimento, bulbilhos selecionados de 5g (classe 3) que são maiores, homogêneos e possuem elevado vigor, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5: Bulbilhos de 5g .



Fonte: O autor.

### 3.5 PREPARO DE INOCULANTES E INOCULAÇÃO

Antecedendo ao plantio dos bulbilhos foi realizado a preparação dos inoculantes no Laboratório de Microbiologia do solo da UFSC Curitibanos.

Optou-se por usar a turfa, por ser um veículo amplamente utilizado para inoculação de bactérias em culturas como feijão, soja, milho. Os cálculos de quantidade de turfa utilizada foram baseados nas recomendações de fabricantes de inoculantes, que prescrevem de 150g de inoculante para 60kg de sementes de soja ou feijão. Foram feitas as adequações para as sementes de alho (bulbilhos), conforme descrito abaixo.

Primeiramente, foi definido a quantidade de bulbilhos em kg, necessária para cada parcela de 1,4m<sup>2</sup>. Foram utilizados 66 bulbilhos para plantio. Cada tratamento possuía 12 parcelas, portanto, foram necessários 792 bulbilhos. Considerando que cada bulbilho pesava aproximadamente 5g, realizou-se o seguinte cálculo:

$$\begin{aligned} 1 \text{ bulbilho} &= 5\text{g} \\ 792 \text{ bulbilhos} &- x \\ X &= 3960\text{g de bulbilhos} \end{aligned}$$

Com esse resultado e baseado na recomendação de fabricantes, procedeu-se o cálculo para obter a quantidade de turfa:

$$\begin{aligned} 150\text{g de turfa} &= 60.000\text{g de semente} \\ Y &= 3960\text{g} \\ Y &= 9,9\text{g de turfa} \end{aligned}$$

Devido ao tamanho da semente de alho, optou-se por dobrar a quantidade para garantir cobertura adequada da semente e conseqüentemente, adesão das bactérias inoculadas. Neste sentido, cada inoculante, para cada tratamento recebeu 20g de turfa. Esses cálculos foram feitos uma semana antes do plantio, para preparo dos inoculantes.

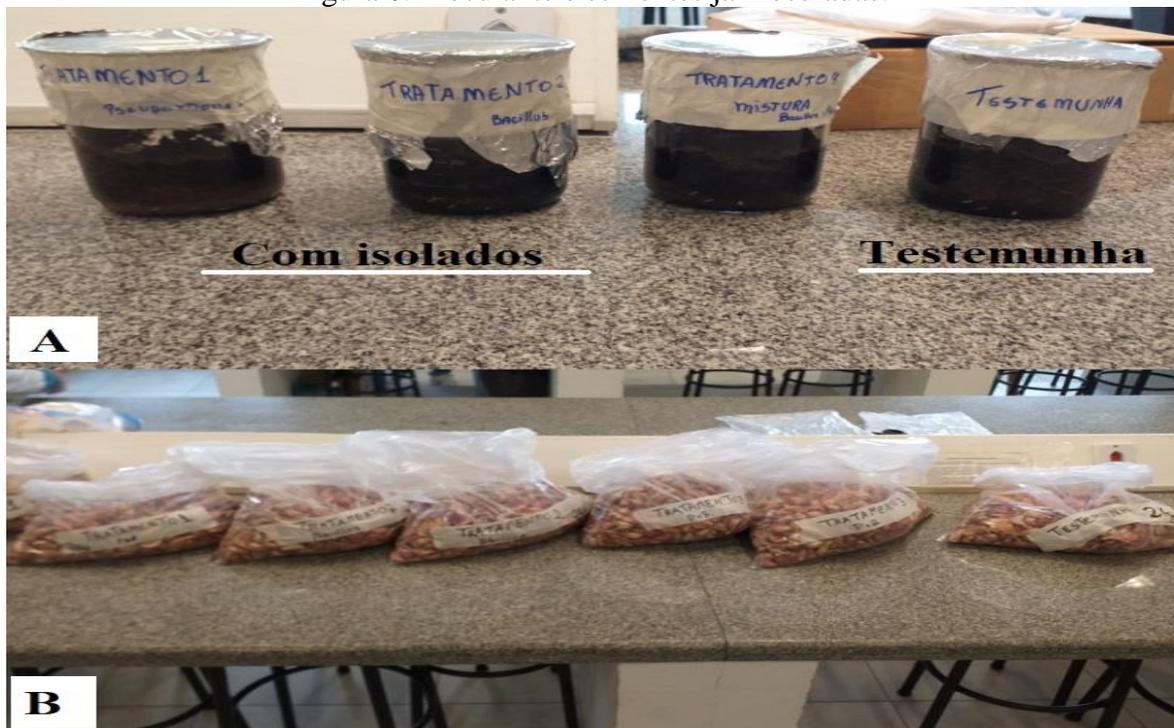
Para os inoculantes, cada isolado [*Pseudomonas* sp. fluorescente – CBS 02 (T1) e *Bacillus* sp. – EB17 (T2) ] foi inoculado em dois frascos contendo 40mL de meio LB (Luria Bertani) líquido. Foram mantidos por 24h a 28° C. Em seguida, foram retirados 20mL de um dos frascos com crescimento de cada isolado e depositados em um terceiro vazio e esterilizado, completando o volume de 40mL, caracterizando a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS02) + *Bacillus* (isolado EB17) das duas bactérias (T3). Um frasco contendo meio LB líquido foi mantido sem inoculação para a testemunha (T4).

Vinte mililitros de cada suspensão foram transferidos assepticamente para quatro frascos contendo 20g de turfa. Esses foram mantidos por 72h a 28°C (Figura 6 - A)

No dia do plantio, os grupos de sementes (792 bulbilhos) referentes a cada tratamento foram colocadas em sacos plásticos, aos quais foram acrescentadas as turfas inoculadas e 20mL de solução açucarada a 10%, recomendada pelos fabricantes de inoculante, para aumentar a adesão, na proporção de 300mL de solução por 60kg de semente. A quantidade de solução açucarada foi adequada para as sementes de alho, seguindo os mesmos cálculos determinados para a turfa.

As sementes foram secas à sombra e procedeu-se ao plantio.

Figura 6: Inoculante e sementes já inoculadas.



(A): Três frascos contendo inoculantes com os isolados e um frasco para testemunha;  
(B): Sementes já inoculadas, prontas para o plantio. Fonte: O autor.

### 3.6 PLANTIO

Após a inoculação nos bulbilhos no Laboratório de Microbiologia do solo da UFSC em Curitibanos-SC, foi realizado o deslocamento até a cidade de Fraiburgo-SC, no mesmo dia (15 de julho de 2019). A área já estava preparada, restando apenas realizar a adubação com as doses de SPT, já descritas para cada parcela (Figura 7), depois do plantio.

Figura 7: Adubação e plantio do alho.



(A): Adubação com SPT; (B): Plantio dos bulbilhos. Fonte: O autor.

Para favorecer a germinação foi efetuada a irrigação, com aproximadamente 10mm de água.

### 3.7 PARÂMETROS AVALIADOS

No experimento em estudo, foram avaliadas cinco características: tamanho de quarta folha (cm), massa úmida e seca da quarta folha (g), teor de fósforo foliar ( $\text{g Kg}^{-1}$ ) e produção ( $\text{Kg/ha}$ ).

#### 3.7.1 Tamanho de folha da quarta folha

A realização da coleta de folha ocorreu no estágio fenológico de quatro folhas (V4), na área útil de cada parcela, descartando uma linha da bordadura de cada lado da parcela. Considerando a quarta folha como a mais representativa ao desenvolvimento do alho, fez-se a coleta de 10 folhas por parcelas totalizando 480 amostras. Todas foram medidas, utilizando-se régua graduada (cm).

#### 3.7.2 Massas úmida e seca da quarta folha

A massa úmida (g) das folhas foi efetuada pela pesagem, utilizando-se uma balança de precisão (Marte AD3300 0,5g). Em seguida, foram acondicionadas em sacos de papel para

realizar a secagem, com a utilização de estufa com ventilação forçada a 50°C. As folhas ficaram por nove dias na estufa até secagem completa. Após, foram pesadas para determinação da massa seca (g).

### 3.7.3 Teor de Fósforo nas folhas

Para a determinação de teor de P foliar, utilizou-se o método de Espectrofotometria com azul-de-molibdênio, como proposto no Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes descrito por Silva (2009).

Após realizado a coleta dos dados de massa seca, o material seco foi triturado até passar na peneira granulométrica de 20  $\mu\text{m}$  (figura 8). Uma alíquota de 0,20 gramas de cada amostra foi utilizada para a determinação do teor de P nas folhas.

Figura 8: Trituração e pesagem de amostras.



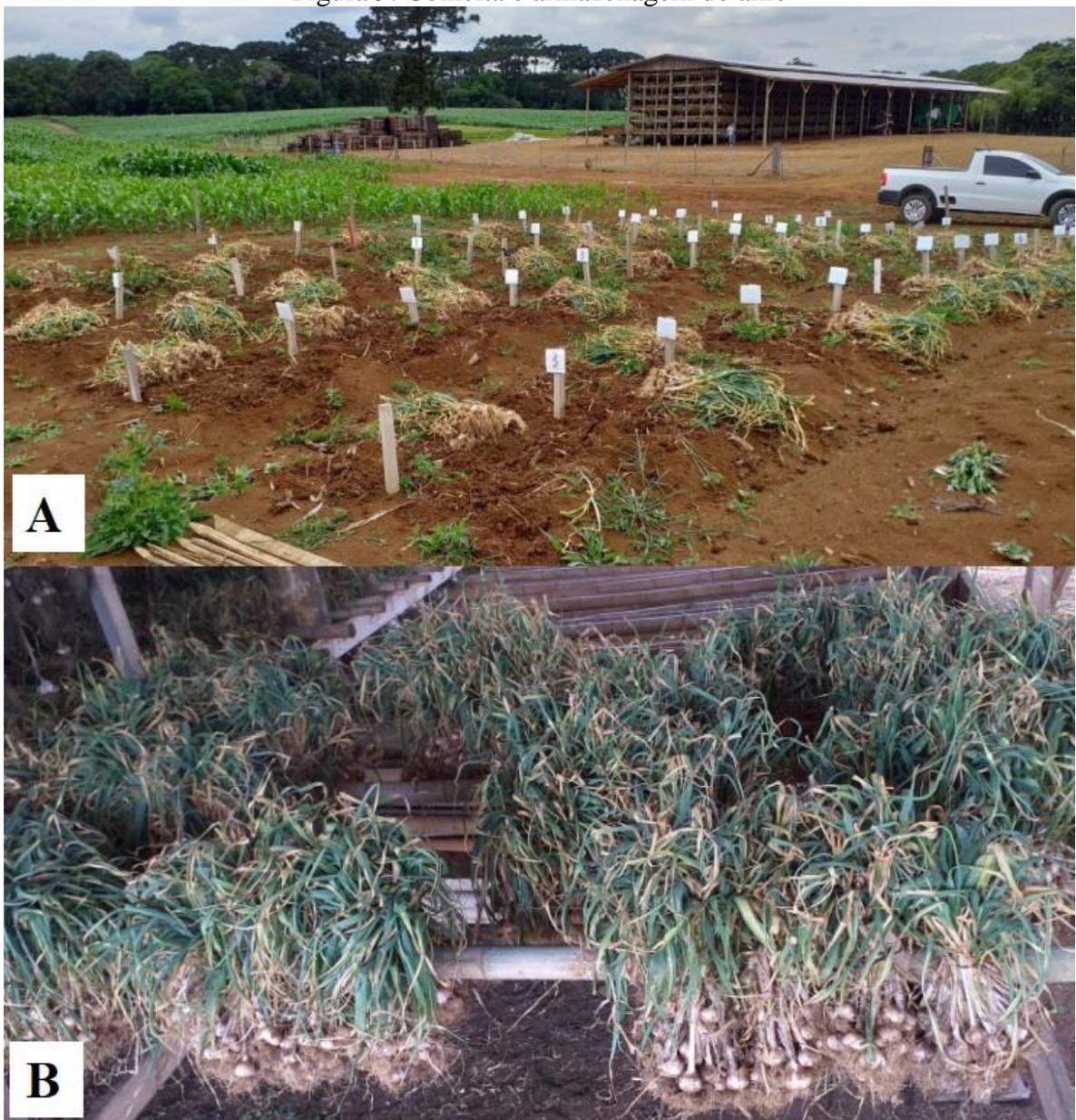
Fonte: O autor.

O material foi submetido a várias diluições com sais e reagentes, até que ocorresse a decomposição das amostras a 350°C com ácido sulfúrico, medindo, posteriormente, sua absorvância. A concentração de fósforo nas folhas foi dada em mg de P/ g de massa seca foliar, baseada na curva padrão determinada previamente.

### 3.7.4 Produção

Após a realização da colheita, no dia 24 de novembro de 2019, as plantas foram levadas ao barracão para o processo de cura (Figura 9). Ao final, foram beneficiadas manualmente e realizado o processo de corte dos bulbos e feita a pesagem do alho produzido na parcela, utilizando uma balança de precisão (Figura 10).

Figura 9: Colheita e armazenagem do alho



A: Processo de arranquio do alho em cada parcela; B: feixes pendurados no barracão para completar o processo de cura. Fonte: O autor.

Figura 10: Identificação e pesagem.



A: Identificação de cada feixe de alho de acordo com as parcelas de origem; B: Pesagem e anotação de dados. Fonte: O autor.

### 3.7.5 Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e quando significativo, as médias comparadas método de Skott-Knott a 5% de significância, utilizando o software SISVAR.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, os parâmetros que apresentaram coeficiente de variação (CV%) menores que 10% foram tamanhos de folha e produção, demonstrando uma homogeneidade entre os dados. Para os parâmetros de massa seca, massa úmida e teor de fósforo na folha, os valores de CV foram superiores a 10% apresentando dispersão média entre dados (RIGONATTO, 2020).

### 4.1 TAMANHO DA QUARTA FOLHA

O tamanho da quarta folha apresentou diferença significativa entre a associação dos isolados e os demais tratamentos (figura 11).

Figura 11: Tamanho da quarta folha, com inoculação de rizobactérias .

Scott-Knott		
Tamanho de Folha (cm)		
Tratamentos	Médias	Grupos
Testemunha	46,30	a1
<i>Pseudomonas</i>	46,30	a1
<i>Bacillus</i>	46,71	a1
<i>Pseudomonas</i> + <i>Bacillus</i>	47,57	a2
CV=		2,72%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: O autor.

Observou-se, que ao realizar a comparação entre os tratamentos a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17), apresentaram superioridade aos demais, havendo incremento significativo ao tamanho de folha.

Após, foi realizado o desdobramento estatístico e comparação dos tratamentos em função das doses utilizadas de SPT, sendo assim verificado na Figura 12 abaixo.

Figura 12: Tamanho da quarta folha. Combinação dos isolados e das doses de SFT.

Scott-Knott						
Tamanho de Folha (cm)						
Tratamentos	Doses					
	0% SPT		50% SPT		100% SPT	
Testemunha	46,30	a1 A1	45,95	a1 A1	46,30	a1 A1
<i>Pseudomonas</i>	46,30	a1 A1	46,30	a1 A1	46,30	a1 A1
<i>Bacillus</i>	46,39	a1 A1	46,30	a1 A1	47,44	a1 A1
<i>Pseudomonas + Bacillus</i>	48,47	<b>a2 A2</b>	46,32	a1 A1	48,29	<b>a1 A2</b>
CV=						2,72%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação bactérias. Letras maiúsculas, comparação entre as doses de SPT. Fonte: O autor.

Observou-se que não houve diferença significativa para o tamanho de folha (Figura 12) nos tratamentos, Testemunha, *Pseudomonas* (CBS 02), *Bacillus* (EB 17), quando se modificou as doses de superfosfato triplo (0%, 50% e 100%). Entretanto, observou-se diferença significativa entre as doses 0% e 100%, para o tratamento com a associação dos dois isolados. Assim, quando realizada a comparação para cada dose dentro dos tratamentos, a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) apresentou diferença significativa para 0% e 100% de SPT. Isso indicou incremento de 48,47 cm que a associação dos isolados, realizou no crescimento de folha, mesmo quando não se tem a presença de adubação fosfatada, sugerindo que um dos mecanismos de promoção de crescimento das plantas foi a solubilização de fosfatos pelos isolados, podendo fazer com que a planta retirasse do solo o nutriente já existente, sem precisar a adição de fontes externas.

O incremento no tamanho de folhas de 48,29 cm, foi observado quando realizado a adubação com 100% da dose de SPT. Esse aumento no tamanho de folhas afetará diretamente no aumento de taxa fotossintética da planta, que pode ter contribuído para o desenvolvimento de bulbos.

Os resultados encontrados se assemelharam aos de GRAÇAS *et al.* (2015) na cultura da cebola, em que os autores utilizaram isolados de *Pseudomonas sp.* W6, *Bacillus megaterium* W19 e *Bacillus cereus* UFV40, indicados como solubilizadores de P, na promoção de crescimento de plantas, após o transplante das mudas. Para o número de folhas obtiveram os respectivos resultados: 10,4; 11,0 e 10,7 que mostraram interação positiva para a promoção de

crescimento de cebola após o transplante. Os isolados contribuíram, também, na altura de planta, com resultados de 70,9 cm (W6); 76,3 cm (W19); 77,2 cm (UFV40), valores superiores ao controle de 69,3 cm.

#### 4.2 MASSA SECA E MASSA ÚMIDA DA QUARTA FOLHA

Houve diferença significativa entre as doses de superfosfato triplo nos tratamentos, para a variável de massa seca (g). Como apresentado na Figura 13, os tratamentos que foram submetidos às doses de 100% de SPT tiveram incremento de 0,06 g de massa seca, detendo 0,51 g de média.

Figura 13: Efeito das doses de SFT sobre a massa seca de folhas.

Scott-Knott		
Massa Seca (g)		
Tratamentos	Médias	Grupos
0% SPT	0,45	a1
50% SPT	0,45	a1
100% SPT	0,51	a2
CV=		16,69%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: O autor

Quando realizada a comparação das doses entre os tratamentos, verificou-se que a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17), submetidos a dose de 100% SPT, proporcionaram maior incremento de massa seca (0,59g), sendo superior aos demais tratamentos e doses, diferenciando assim estatisticamente, como pode se observar na Figura 14.

Figura 14: Massa seca da quarta folha, combinação dos isolados e doses de SFT.

Scott-Knott				
Massa Seca (g)				
Doses	Testemunha	<i>Pseudomonas</i>	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas + Bacillus</i>
0% SPT	0,43 a1A1	0,44 a1A1	0,43 a1A1	0,50 a1A1
50% SPT	0,47 a1A1	0,47 a1A1	0,45 a1A1	0,45 a1A1
100% SPT	0,49 a1A1	0,52 a1A1	0,45 a1A1	0,59 a2 A1
CV=				16,69%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação doses. Letras maiúsculas, comparação entre as bactérias. Fonte: O autor.

Possivelmente a disponibilidade de superfosfato triplo e os isolados contribuíram para o crescimento da planta, verificado através da quarta folha, que apresenta maior representatividade em relação ao desenvolvimento de bulbos. O resultado se assemelhou ao encontrado para o tamanho de folha (na Figura 12), em que 100% da dose de superfosfato triplo apresentou média superior aos demais.

O resultado obtido de massa seca está diretamente ligado ao tamanho das folhas, então quanto mais folha se tem, maior é o volume de massa. E a associação dos isolados, através das ações de disponibilização/absorção de fósforo para a planta, fez com que se tivesse um aumento no tamanho de folhas que refletiu diretamente na variável de massa seca.

Os demais tratamentos não apresentaram diferença significativa para as doses de superfosfato triplo e ou para bactérias.

Para variável de massa úmida, não houve diferenças significativas entre bactérias e doses.

#### 4.3 TEOR DE FÓSFORO NA FOLHA

Houve diferenças significativas entre os tratamentos, em que associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) e a Testemunha apresentaram média de 3,45 mg de P/g de MS e 3,27 mg de P/ g de MS, respectivamente. Tornando-se assim superiores aos demais tratamentos (Figura 15).

Figura 15: Teor de Fósforo na folha.

Scott-Knott						
Teor de Fósforo na Folha (mg de P/ g de MS)						
Tratamentos	Doses					
	0% SPT		50% SPT		100% SPT	
Testemunha	2,97	a1 A1	2,99	a1 A1	3,86	a1 A2
<i>Pseudomonas</i>	2,66	a1 A1	2,76	a1 A1	2,85	a1 A1
<i>Bacillus</i>	2,84	a1 A1	2,97	a1 A1	2,97	a1 A1
<i>Pseudomonas</i> + <i>Bacillus</i>	3,87	a2 A1	3,25	a1 A1	3,24	a1 A1
CV=						17,88%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: O autor

Quando realizado os desdobramentos, a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17), se mostrou superior aos demais, não utilizando adubação (0% de SPT). E o tratamento Testemunha se destacou estatisticamente ao utilizar 100% da adubação com superfosfato triplo. (Figura 16).

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de

Figura 16: Efeito da combinação de doses e isolados no teor de P na quarta folha.

Scott-Knott		
Teor de Fósforo na Folha (mg de P/ g de MS)		
Tratamentos	Médias	Grupos
Testemunha	3,27	a2
<i>Pseudomonas</i>	2,76	a1
<i>Bacillus</i>	2,92	a1
<i>Pseudomonas</i> + <i>Bacillus</i>	3,45	a2
CV=	17,88%	

5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação entre bactérias. Letras maiúsculas, comparação entre as doses de SPT. Fonte: O autor

A associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) apresentou teor de fósforo de 3,87 mg de P/ g de MS, sem o uso de superfosfato triplo na adubação. Assim percebe-se que a combinação pode ter favorecido a absorção de P, possivelmente, pela solubilização de P pré-existente no solo. Com os resultados obtidos, a associação dos isolados incrementou o teor de P foliar, permitindo que este ficasse na faixa adequada ao recomendado por Spironello *et al.* (1997), com teores entre 3 a 5 mg de P/ g de MS, especialmente quando não se aplica nenhuma fonte de P na cultura do alho.

Os resultados foram superiores ao encontrado por Jacon (2013), que ao avaliar diferentes fontes de fósforo na cultura do alho, obteve teores de 1,9 mg de P/ g de MS ao utilizar superfosfato simples como adubação de base.

Quando realizado o desdobramento das doses com as bactérias, a testemunha apresentou média superior no teor de fósforo aos demais, utilizando 100% da adubação de SPT (Figura 18), obtendo valores de 3,86 mg de P/ g de MS. Resultados obtidos por Büll *et al.* (2008), também teve o maior incremento no teor de P (400 mg/dm<sup>3</sup> de P) na folha do alho, ao utilizar 100% da dose de superfosfato triplo, sem fazer uso de isolados bacterianos.

Os resultados sugeriram a eficácia da associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) em suprir a demanda de P necessária para o desenvolvimento da planta, confirmando o observado na produtividade de 16,7 t/ha, demonstrada no tópico anterior.

Os demais tratamentos com inoculação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) e *Bacillus* (isolado EB17), não demonstraram diferenças estatisticamente significativas.

#### 4.4 PRODUÇÃO

Apresentou diferenças significativas, quando comparado os tratamentos, no qual a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) obteve média de 1,48 kg, resultando em produção comercial de 14,8 t/ha, havendo incremento de 1,6 t/ha quando comparado ao tratamento testemunha (Figura 17).

Figura 17: Produção do alho.

Scott-Knott		
Produção (Kg)		
Tratamentos	Médias	Grupos
Testemunha	1,32	a1
<i>Pseudomonas</i>	1,35	a1
<i>Bacillus</i>	1,40	a1
<i>Pseudomonas</i> + <i>Bacillus</i>	1,48	a2
CV=		7,49%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Fonte: O autor

Comparando-se a inoculação dos isolados com as diferentes doses, observou-se que a ação da associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17), demonstrou superioridade nos resultados quando não se realizou a adubação com superfosfato triplo (0% SPT) (Figura 18).

Figura 18: Produção. Tratamentos e doses de SPT.

Scott-Knott							
Produção (Kg)							
Tratamentos	Doses						
	0% SPT		50% SPT		100% SPT		
Testemunha	1,27	a1 A1	1,31	a1 A1	1,38	a1 A1	
<i>Pseudomonas</i>	1,35	a1 A1	1,37	a1 A1	1,49	a1 A1	
<i>Bacillus</i>	1,35	a1 A1	1,33	a1 A1	1,37	a1 A1	
<i>Pseudomonas</i> + <i>Bacillus</i>	1,67	<b>a2 A2</b>	1,44	a1 A1	1,34	a1 A1	
CV=							7,49%

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo método Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas, comparação bactérias. Letras maiúsculas, comparação entre as doses de SPT.

Fonte: O autor.

A combinação de isolados apresentou média superior (1.67 kg) aos demais. Como a produção média de 16,7 t/ha, ficou próxima à produção média estimada pela Epagri CEPA-Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (2019) que seria de 16,83 t/ha, sugerindo que a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) é capaz de fornecer o P necessário para suprir as necessidades da planta, através da solubilização e

absorção de fósforo eficiente, a qual promoveu e estimulou o desenvolvimento vegetal, resultando na produção elevada.

Quando comparado os valores da Testemunha com adubação de 100% de SPT, que utilizou adubação recomendada pelo Manual de Adubação e Calagem, obteve se produção média de 13,8 t/ha, ficando abaixo da média esperada de 16,83 t/ha.

Os resultados se assemelharam aos encontrados por Bento *et al.* (2015) que realizou a inoculação de bulbilhos de alhos com microrganismos solubilizadores de fosfato submetido a doses de P. Observaram que ao submeter a inoculação sem a adição da adubação fosfatada, a produtividade atingiu de 5,655.13 t/ha, sendo 23,8% superior à testemunha sem inoculação que produziu 4,303.56 t/ha. Resultados semelhantes foram descritos por HARTMANN *et al.* (2009) para cultura da cebola. Os autores utilizaram a inoculação de sementes com diversos isolados de Rizobactérias. Observaram que a inoculação com *Pseudomonas* sp. W6, *Bacillus megaterium* W19 e *Bacillus cereus* UFV40, resultaram em aumentos de 48%, 46% e 45% na produção final de bulbos por hectare sobre a testemunha, em que foi utilizada adubação padrão recomendada para cultura.

Os dados encontrados nessa variável, possibilitam redução no uso de adubação fosfatada, mantendo a produção em valores médios, ao se realizar a inoculação com associação de *Pseudomonas* (isolado CBS 02) + *Bacillus* (isolado EB17) com 0% de SPT.

Os demais tratamentos, Testemunha, *Pseudomonas* (CBS 02) e *Bacillus* (EB17), não demonstraram diferenças significativas em relação à produção do alho, mesmo quando submetidos às diferentes doses de superfosfato triplo.

## 5 CONCLUSÃO

A inoculação de bulbilhos de alho com a associação de *Pseudomonas* (isolado CBS02) + *Bacillus* (isolado EB17), contribuiu para o aumento do tamanho da quarta folha, no teor de P na folha, na massa seca e na produção de alho. Os resultados sugeriram que os dois isolados associados foram capazes de promover desenvolvimento vegetal, mesmo na ausência de adubação fosfatada, sugerindo capacidade de solubilização de P em condições de campo, indicando seu potencial e a necessidade de estudos mais aprofundados.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, C. S. **Seleção e caracterização de bactérias endofíticas isoladas de plantas de milho com potencial para a biossolubilização de rochas fosfáticas**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal de São João Del Rei, Sete Lagoas, 2014. Disponível em: [https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/DISSERTACAO%20CRISIA\(2\).pdf](https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/ppgca/DISSERTACAO%20CRISIA(2).pdf). Acesso em: 20 mar. 2020
- AMARAL, M. B. *et al.* **Rizobactérias promotoras de crescimento vegetal: Uma revisão de Literatura**. XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Universidade do Vale do Paraíba. 2017. Disponível em: [http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2017/anais/arquivos/RE\\_0285\\_0242\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/RE_0285_0242_01.pdf). Acesso em: 15 abri. 2020.
- ANDRIOLI, F. F. *et al.* Curva de crescimento e marcha de absorção de nutrientes pela cultura do alho sob condições de campo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p. 385-393, 2008.
- ARAUJO, F.F.; PEDROSO, R.A.B. Interação de *Bacillus* sp. Com a rizosfera de três espécies de plantas forrageiras. **Bioesci. J.** v.29, n.1, pg. 152-158, 2013.
- ASSIS, R. P. **Produtividade e análise econômica do cultivo de alho vernalizado em função de doses de NPK**. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2011.
- BARRETO, N.D.S. *et al.* **Uso de fosfatos com diferentes solubilidades no conteúdo de macronutrientes da cultura do milho em dois ciclos de cultivo**. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. 2007.
- BATISTA, J. N. G. ***Pseudomonas fluorescentes* provenientes da rizosfera de solanáceas no controle de *Ralstonia solanacearum* em tomateiro**. Universidade de Brasília Instituto de Ciências Biológicas. Brasília. 2015.
- BENTO, R. U. *et al.* **Adubação Fosfatada e Inoculação com Microrganismos Solubilizadores de Fosfato na cultura do Alho**. In: II CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UEG, Pirenópolis. v. 1, p. 1 – 10, 2015.
- BRUNETTO, G. *et al.* **Fósforo e adubação fosfatada**. Universidade Federal de Santa Maria. DS-UFSM. 2008.
- BULL, L. T. *et al.* Relações entre fósforo extraído por resina e respostas da cultura do alho vernalizado à adubação fosfatada em cinco solos com e sem adubação orgânica. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**. v.22, n.3, 1998.
- BULL, L. T. *et al.* **Doses de fósforo e zinco na cultura do alho em condições de casa de vegetação**. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 4, p. 941-949, Dec. 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0006-87052008000400017&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0006-87052008000400017&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 03 nov. 2020.

CEPA/EPAGRI. **Boletim agropecuário**. Florianópolis. v.295 n.74, p.22-25, jul.2019.

Disponível em:

[http://docweb.epagri.sc.gov.br/website\\_cepa/Boletim\\_agropecuario/boletim\\_agropecuario\\_n74.pdf](http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/Boletim_agropecuario/boletim_agropecuario_n74.pdf). Acesso em: 15 set. 2020

CEPA/EPAGRI. **Custo de Produção: Alho. 2018. Planilha de custos**. Disponível em:

<https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/custos-de-producao/>. Acesso em: 02 abr. 2019.

COELHO, L. F. *et al.* Interação de bactérias fluorescentes do gênero *Pseudomonas* e de *Bacillus spp.* com a rizosfera de diferentes plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2007.

CONAB. **Conjuntura mensal**. Brasília. 2017. Disponível em:

[https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho/item/download/15201\\_ab1b6ab430145efa2d7820023b62d667](https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-alho/item/download/15201_ab1b6ab430145efa2d7820023b62d667) Acesso em: 12 de abr. 2019.

CHAVES, D. P. *et al.* **Eficiência agronômica de fontes de fósforo associadas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* na produtividade de grãos do milho**. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Uberlândia. 2011.

CHAVES, D. P.; ZUCARELI, C.; JUNIOR, A. O. **Fontes de fósforo associadas à inoculação com *Pseudomonas fluorescens* no desenvolvimento e produtividade do milho**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 34, n. 1, p. 57-72, jan./fev. 2013.

CHAGAS, A. F. *et al.* **Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia**. Acta Scientiarum. Agronomy, Maringá, v. 32, n. 2, p.359-366, abr. 2010. Mensal. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n2/a25v32n2.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2019.

DIAZ, P. A. E. ***Bacillus spp.* como promotores de crescimento na cultura do algodão**.

Universidade Estadual Paulista- UNESP. Câmpus de Jaboticabal. vii, p.46, 2018.

DUARTE, G. R. B. Manejo de fosfato para plantas: tudo o que você precisa saber. **Lavoura**.

Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/fosforo-para-plantas/>. Acesso em: 20 mai. 2020.

EMBRAPA. **Embrapa e Bioma lançam primeiro inoculante nacional para fósforo**.

Embrapa Milho e Sorgo. 2019.

FAGUNDES, M H. **Companhia Nacional do Abastecimento- Conab. Análise mensal:**

Março/2019. Brasília- DF: Conab, 2019. 6 p.

FREITAS, S. S.; VILDOSO, C. I. **Rizobactérias e promoção do crescimento de plantas cítricas**. Campinas-SP R. Bras. Ci.Solo, 2004.

GOLDSTEIN, A. H. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v. 1, n. 2, p. 51-57, 1986.

GOMES, E. A. et al. **Microrganismos Promotores do Crescimento de Planta: Microrganismos Promotores do Crescimento de Plantas (MPCP)**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas-MG, 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161283/1/doc-208.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

GRAÇAS, J. P. *et al.* **Microrganismos estimulantes na agricultura**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Série Produtor Rural. Piracicaba-SP. n.59, p. 1-61. 2015.

HARTHMANN, O. E. L. *et al.* **Tratamento de sementes com rizobactérias na produção de cebola**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Catarinense. Rio do Sul. 2009.

JACON, C. P. R. P. **Fontes e doses de fósforo em alho vernalizado livre de vírus**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Câmpus de Botucatu. Botucati. 2016.

JACON, C. P. R. P. **Fontes de fósforo e saturação por base no sol no cultivo de alho vernalizado livre de vírus**. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas Câmpus de Botucatu. Botucati. 2013.

KIM, K. Y. *et al.* Effect of phosphate-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizae on tomato growth and soil microbial activity. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 26, p. 79-87, 1998

LUCINI, M. A. Alho: **Manual Prático de Produção**. Curitiba-SC: Bayer Cropscience, 2003.

MAIS SOJA. **Recomendação agrônômica de cepas de *Bacillus subtilis* e *Bacillus megaterium* na cultura do milho**. Circular técnica n.260, 2020.

MACÊDO, F. S. *et al.* Produtividade de alho vernalizado em função de fontes e doses de fósforo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.3, p.379-383, mar, 2011.

MARRA, L M. **Solubilização de Fosfatos por Bactérias e sua Contribuição no Crescimento de Leguminosas e Gramíneas**. 2012. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, UFLA- Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 2012. Disponível em: [http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1103/1/TESE\\_Solubiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20fosfatos%20por%20bact%C3%A9rias%20e%20sua%20contribui%C3%A7%C3%A3o%20no%20crescimento%20de%20leguminosas%20e%20gram%C3%ADneas.pdf](http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1103/1/TESE_Solubiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20fosfatos%20por%20bact%C3%A9rias%20e%20sua%20contribui%C3%A7%C3%A3o%20no%20crescimento%20de%20leguminosas%20e%20gram%C3%ADneas.pdf). Acesso em: 23 abr. 2019.

PARENTONI, S. **Lançamento do inoculante BiomaPhos**. EMBRAPA. 2019. Disponível em: <https://youtu.be/0mK3cs-1Xlk> Acesso em: 23 de ago. 2020.

RESENDE, G. M.; FILHO, A. B. C. **Nutrição, calagem e adubação**. 1999.

RESENDE, F. V.; DUSE, A N; MELO, W F. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. 22. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2004. 12 p.

RESENDE, F. V; HABER, L.; PINHEIRO, J. B. **A cultura do Alho**. 2018. EMBRAPA.

Disponível em:

<https://www.embrapa.br/documents/1355126/9124396/Sistema+de+Produ%C3%A7%C3%A3o+de+Alho/64258d94-6bb8-4826-a0e9-ece47aa434ff>. Acesso em: 04 mar. 2019.

RIGONATTO, M. **Coefficiente de variação**. 2020.

RODRÍGEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, New York, v. 17, p. 319-339, 1999.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Embrapa, Brasília, 2018

SAHARAN, B. S. Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. **Life Sciences and Medicine Research**, 2011

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DA PESCA. (Org.). **Santa Catarina avança na produção de alho e tem safra de 20,2 mil toneladas**. 2017.SC. Disponível em: <http://www.sc.gov.br/index.php/noticias/temas/agricultura-e-pesca/santa-catarina-avanca-na-producao-de-alho-e-tem-safra-de-20-2-mil-toneladas>. Acesso em: 13 jul. 2017.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. **Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Pesq. agropec. Bras., Brasília, v. 36, n.12, p. 1495-1508, dez. 2001.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

SOUZA, C e S *et al.* **Solubilização de fósforo de fertilizantes fosfatados após tratamento com diferentes resíduos orgânicos**. Campinas, Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 1997.

SPIRONELLO, A. *et al.* Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Petrolina-PE, v. 7, n. 1, p.120-126, maio 2007. Semestre.

VESSEY, J. K. Plant growth promotor rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil** 255, 571–586 (2003).

WAHYUDI, A. T. *et al.* Characterization of *Bacillus sp.* strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting Rhizobacteria. **Journal of Microbiology and Antimicrobials** vol.3(2), p.34-40, fev. 2011.

YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. **Fósforo na agricultura brasileira**. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. Piracicaba-SP. 2004.

ZAMARIOLLI, L. E. R. *et al.* Efeito da inoculação com *Pseudomonas* via semente na cultura do milho. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia da FAEF**. XX. v.36, n. 2. Dez. 2019.

ZAMARIOLLI, L. E. R. **Inoculação de *Pseudomonas* via semente e eficiência agronômica de fosfatos na cultura do milho**. Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Câmpus De Botucatu. Botucatu-SP. 2016.

ZUCARELI, C.*et al.* Associação de fosfatos e inoculação com *Bacillus subtilis* e seu efeito no crescimento e desempenho produtivo do feijoeiro. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 65, n.2, p.189-195, mar/abr, 2018.