

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
*CAMPUS* DE CURITIBANOS  
CURSO DE AGRONOMIA

Guilherme Modena

**Inoculação De *Pseudomonas* do grupo fluorescente Como Promotor De Crescimento em milho (*Zea mays* L.)**

Curitibanos  
2019

Guilherme Modena

**Inoculação De *Pseudomonas* do grupo fluorescente Como Promotor De Crescimento em milho (*Zea mays* L.)**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Catarina *campus* Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Glória Regina Botelho.

Curitibanos  
2019

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

Modena, Guilherme

Inoculação De Pseudomonas do grupo fluorescente Como  
Promotor De Crescimento em milho (Zea mays L.) / Guilherme  
Modena ; orientadora, Gloria Regina Botelho, 2019.  
39 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus  
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. 2. Adubação. I. Regina Botelho, Gloria .  
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Agronomia. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia**  
Rodovia Ulysses Gaboardi km3  
CP: 101 CEP: 89520-000 - Curitibanos - SC  
TELEFONE (048) 3721-2176 E-mail: agronomia.cbs@contato.ufsc.br.

GUILHERME MODENA

**Inoculação de *Pseudomonas* do grupo fluorescente como promotor de crescimento em milho (*Zea mays* L. Merrill)**

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

Curitibanos, 22 de novembro de 2019.

Prof. Dr. João Batista Tolentino Junior  
Vice- Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profª. Dra. Glória Regina Botelho  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Cristian Soldi  
Membro da banca examinadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

Ms. Fábio Mostasso  
Membro da banca examinadora  
Grupo Vittia - Biosoja

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a oportunidade de estudar em uma universidade federal, em especial a Universidade Federal de Santa Catarina, por proporcionar um ótimo ambiente de estudos e aprendizado.

Aos meus pais, Adalberto e Dirce, e meus irmãos, Shana e Fernando pelo apoio e incentivo durante essa caminhada, sempre dispostos a ajudar e pela confiança depositada em mim.

Aos meus amigos que contribuíram para a realização desse experimento, seja trabalhando durante a execução ou mesmo apoiando nas decisões, em especial o Willian Donatti, Gabriel Dalla Costa, William Balbinot e João Centenaro, por ajudar nas tarefas mais exigentes do trabalho.

A todo o corpo docente da UFSC, por contribuir na minha formação profissional, em especial minha orientadora, Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Glória Regina Botelho, por todos os ensinamentos, contribuições e paciência durante a realização do trabalho.

A Thauany Maffini de Souza, por sempre estar ao meu lado nos momentos de correria, pelos conselhos, dicas, passar por noites de estudo, e por ficar em casa em tardes de sol escrevendo o TCC.

A Fabio P. Figueira e Eduardo Vezaro, por todo incentivo, apoio, colaboração e acessibilidade, permitindo uma folga no trabalho para conclusão do TCC.

E a todos que de uma forma ou de outra contribuíram na minha formação. Meu sincero muito obrigado!

## RESUMO

O milho tem grande importância para a agricultura brasileira, pois é o segundo cereal mais produzido no país. Devido ao seu alto potencial produtivo, o uso intensivo de fertilizantes, em especial os nitrogenados e fosfatados encarecem o custo de produção, podendo ser danosos ao meio ambiente. Uma alternativa para tal problemática é a utilização de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs), que possuem a capacidade de auxiliar o desenvolvimento, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN), produção de auxinas (Ácido-indol-acético), compostos secundários e solubilização de nutrientes. Dentre as RPCPs os gêneros *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* e *Pseudomonas* são os mais estudados. Nesse contexto, objetivou-se testar a campo três isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente, da Coleção de Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas da UFSC *campus* Curitibanos. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da UFSC, e conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 4x3, com um total de 12 tratamentos e quatro repetições. Foram testadas a inoculação dos isolados CBSAL21, CBSAL02 e CBSAL05 em função de três doses de adubação nitrogenada em cobertura, sendo elas 0, 50 e 100% (0, 52,5 e 105 Kg.ha<sup>-1</sup> ureia 45%) das doses recomendada para a cultura, além dos tratamentos testemunha sem inoculação e sem adubação de cobertura, e dois tratamentos controle sem inoculação e com 50 e 100% da dose de nitrogênio (N) em cobertura, respectivamente. As avaliações realizadas foram: altura de planta e altura de inserção de espiga (cm), diâmetro de colmo (mm), teor de nitrogênio foliar (g.Kg<sup>-1</sup>), número de fileiras por espiga, grãos por fileira, e produtividade (Kg.ha<sup>-1</sup>). Para altura de planta houve diferença apenas entre os tratamentos que não receberam adubação de cobertura para os que receberam, sendo estatisticamente iguais os que receberam 50 e 100% da dose. Para diâmetro do colmo, o isolado CBSAL02 associado a 50% da dose de N obteve desenvolvimento semelhante ao tratamento controle com 100% da dose. No teor de nitrogênio foliar, o isolado CBSAL02 com 50% da dose de N em cobertura obteve resultado semelhante ao tratamento controle com 100% da dose. Para produtividade, os isolados associados a 100% da dose apresentaram os melhores resultados, mais significativos que o tratamento controle com 100% da dose. Os isolados CBSAL02 e CBSAL05 associados a 50% de N obtiveram resultados superiores ao tratamento controle com 100%. Em geral, o isolado CBSAL02 apresentou resultados mais significativos em quase todas as avaliações, indicando seu potencial promotor de crescimento de plantas de milho.

**Palavras-chave:** Rizobactérias. Adubação. Produtividade

## ABSTRACT

Maize is of great importance for Brazilian agriculture, as it is the second most produced cereal in the country. Due to its high productive potential, the use of fertilizers, especially the nitrogenous and phosphate fertilizers, increases the production cost, can be harmful to the environment. An alternative to such a problem is the use of Plant Growth Promoting Rhizobacterias (PGPRs), which have the ability to aid the development, through the biological nitrogen fixation (BNF), auxins production (indole-acetic-acid), secondary compounds and nutrients solubilization. Among the PGPRs the genera *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* and *Pseudomonas* are the most studied. In this context, the objective was to field test the isolates *Pseudomonas* of the fluorescent group, from the collection of plants growth promoting microorganisms from UFSC, Curitibanos campus. The experiment was performed at the UFSC Experimental Farm, and conducted in a randomized block design (RBD), in 4x3 factorial scheme, with a total of 12 treatments and 4 repetitions. Were tested the inoculation of the isolates CBSAL21, CBSAL02 and CBSAL 05, as a function of 3 nitrogen fertilizing in coverage, they are 0, 50 and 100% (0, 52.5 and 105 kg of urea 45%) of recommended doses for culture, in addition to the control treatments without inoculation and without covering fertilizing, and 2 control treatments without inoculation with 50 and 100% of nitrogen dose in coverage, respectively. The evaluation performed were: plant height and cob insertion height (cm), stem diameter (mm), leaf nitrogen content (g.Kg<sup>-1</sup>), number of rows per cob, grains per row, and productivity (Kg.ha<sup>-1</sup>), for plant height there was only difference between treatments that did not receive fertilizing in coverage for those that received, being statistically equal the ones that received 50 and 100% of the dose. For stem diameter, the isolate CBSAL02 associated to 50% of nitrogen dose, was obtained similar development to the control treatment with 100% of the dose. In the leaf nitrogen content, the isolate CBSAL02 with 50% of nitrogen dose in coverage was obtained similar result to the control treatment with 100% of the dose. For productivity, the associated isolates to 100% of dose have the best results, more significant than the control treatment with 100% of the dose. The isolates CBSAL02 and CBSAL05 associated to 50% of N, have obtained higher results to the control treatment with 100%. In general, the isolate CBSAL02 had more significant results in almost all evaluations, indicating its potential maize plant growth promoter.

Keywords: Rhizobacterias. Fertilizing. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui da área experimental .....	20
Figura 2 - Suspensão de isolados para inoculação em turfa esterilizada.....	21
Figura 3 - Sementes para inoculação.....	22
Figura 4 - Área experimental após dessecação e demarcação das linhas.....	23
Figura 5 - Altura de plantas e inserção de espiga avaliada aos 86 DAS. ....	26
Figura 6 - Diâmetro de colmo avaliado aos 86 DAS.....	28
Figura 7 - Teor de N foliar aos 84 DAS. ....	29
Figura 8 - Número de fileiras por espiga e grãos por fileira.....	31
Figura 9 - Produtividade da cultura, em Kg.ha-1. ....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise de solo da área experimental .....	18
Tabela 2 - Descrição dos tratamentos.....	19
Tabela 3 - Adubação de cobertura em função da dose aplicada.....	20

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1	JUSTIFICATIVA.....	11
1.2	OBJETIVOS .....	13
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
2.1	A CULTURA DO MILHO .....	14
2.2	EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO NO MILHO .....	15
2.3	RPCP (RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS) .....	16
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL .....	18
3.2	DELINEAMENTO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO .....	19
3.3	PRODUÇÃO DO INOCULANTE E INOCULAÇÃO .....	20
3.4	SEMEADURA.....	22
3.5	PARÂMETROS AVALIADOS.....	24
<b>3.5.1</b>	<b>Altura de planta e inserção da espiga</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Diâmetro de colmo</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Nitrogênio foliar</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5.4</b>	<b>Número de fileiras e número de grãos por fileira</b> .....	<b>25</b>
<b>3.5.5</b>	<b>Produtividade</b> .....	<b>25</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>26</b>
4.1	ALTURA DE PLANTA E INSERÇÃO DE ESPIGA.....	26
4.2	DIÂMETRO DE COLMO.....	28
4.3	NITROGÊNIO FOLIAR.....	29
4.4	NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA E GRÃOS POR FILEIRA.....	31
4.5	PRODUTIVIDADE .....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>36</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de grãos, juntamente com toda a cadeia do setor agropecuário brasileiro, tem grande importância econômica, pois produz alimentos, matéria prima e gera empregos (FORNAESIERI FILHO, 2007). O milho (*Zea mays*) é um dos cereais mais cultivados mundialmente, e no Brasil, segundo dados da Conab (2019), a produção de milho em grãos ficou em segundo lugar como cereal mais produzido, atrás, apenas, da soja.

Com o passar do tempo, nota-se aumento considerável no custo de produção, seja na compra de sementes e de defensivos, ou também na de insumos. O uso cada vez mais intenso de fertilizantes minerais vem encarecendo o custo de produção, pois a maior parte da matéria prima é oriunda de importação (FERNANDES *et al*, 2009). Os altos níveis de fertilizantes minerais no solo, também, podem ocasionar desequilíbrio no ecossistema, redução da microbiota do solo e contaminação da água, sendo assim, é importante buscar formas alternativas para melhor aproveitamento dos fertilizantes (LOPES, 2000; GUILHERME, 2000).

Uma forma de minimizar esses impactos, é através do uso de microrganismos que têm a capacidade de fixar nitrogênio, melhorar a solubilização de minerais e aumentar o crescimento radicular, o qual, conseqüentemente, leva a melhoria do desenvolvimento da planta (FONSECA *et al*, 2000). Acredita-se que a inoculação de Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (RPCPs), possa promover melhor obtenção de nutrientes, melhorando sua absorção, levando ao menor uso de fertilizantes e reduzindo impactos ambientais causados pelo seu excesso (RATZ *et al*, 2017).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* do grupo fluorescente, podem ser utilizadas na inoculação, com o objetivo de bioproteção, controlando microrganismos patogênicos presente na rizosfera (COELHO, 2006). Apresentam, também, resultados significativos em relação ao crescimento vegetal e absorção de nutrientes, pois possuem capacidade de solubilizar fosfato, e induzir a produção de Ácido Indol Acético (AIA), um fitohormônio responsável por estimular o crescimento radicular. (MARCHIORO, 2005). A inoculação dessas bactérias não substitui a adubação (mineral ou orgânica), mas pode promover melhor absorção dos nutrientes disponibilizados, aumentando a produção vegetal (BERND *et al*, 2014).

Mas para que isso ocorra, as bactérias precisam estar adaptadas às condições edafoclimáticas e rizosféricas para conseguirem se desenvolver mais facilmente e ajudar a

planta. Por este motivo, a prospecção da microbiota local, da região de estudo em questão se torna tão importante (RUMJANEK *et al.*, 2005 apud de MEDEIROS *et al.*, 2007).

O desenvolvimento de inoculantes com estirpes adaptadas às condições edafoclimáticas é interessante, pois, são bactérias que já habitam a rizosfera e interagem com a planta e por isso não precisam passar por uma adaptação às novas condições, sendo capaz de mais rapidamente, desempenhar seu papel (COELHO, 2006). Bactérias oriundas de outros locais podem não se adaptar ao novo ambiente (RUMJANEK *et al.*, 2005 apud de MEDEIROS *et al.*, 2007).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Na agricultura, atualmente, o aumento da produtividade devido ao desenvolvimento de variedades cada vez mais produtivas, demandam que o produtor invista mais em insumos. Porém, em sua grande maioria, o manejo errôneo e as práticas utilizadas podem acarretar em perdas por lixiviação, volatilização e complicações, levando a contaminação de rios, lagos e lençóis freáticos (RATZ *et al.*, 2017).

Segundo Resende (2002), nos últimos tempos, a adubação vem encarecendo o custo de produção e a grande quantidade de fertilizantes aplicado nos solos, com o passar do tempo pode promover alterações na microbiota, prejudicando todo o ecossistema do solo, especialmente a ciclagem de nutrientes. A grande quantidade de fertilizantes aplicados pode acarretar em problemas, como aumento na concentração de sais e nitrato na água (LOPES; GUILHERME, 2000). Por isso, é importante que a planta aproveite, ao máximo, os nutrientes a ela fornecidos, reduzindo a entrada excessiva desses insumos (MELO, 1998).

O desenvolvimento de alternativas para reduzir o custo de produção e os impactos ambientais vem se tornando cada vez mais frequente. Por isso, a utilização de microrganismos capazes de promover o crescimento e melhorar a absorção tem ganhado grande espaço (RATZ *et al.*, 2017).

Por esse motivo, o uso de espécies de *Pseudomonas*, apresentam bons resultados no desenvolvimento das plantas, pois além de solubilizar o fosfato, têm um grande potencial de induzir a planta a produzir AIA (Ácido Indol-Acético), um fito-hormônio que estimula o desenvolvimento das raízes e que através deste, pode potencializar a captação de nutrientes pela planta (MARCHIORO, 2005).

Sendo assim, o grupo de pesquisa em Microrganismos Promotores de Crescimento de Plantas (MPCP) da UFSC curitibanos vem desenvolvendo um banco de germoplasma de

RPCPs (Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas) locais, isoladas da rizosfera de alho, cultivado na região, sob a tutela da Professora Dr<sup>a</sup>. Glória Regina Botelho, em especial, *Pseudomonas* do grupo das fluorescentes. Parte dessa coleção foi identificada e testada *in vitro*, mostrando que o uso de bactérias adaptadas pode se mostrar uma alternativa para a produção, reduzindo custos paralelos e o uso de fertilizantes.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desenvolvimento da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função da inoculação de isolados de *Pseudomonas* do grupo fluorescente.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Avaliar o efeito da inoculação na produtividade do milho submetido a diferentes doses de adubação de cobertura (N).

Avaliar a viabilidade da inoculação em meio turfoso.

Avaliar a capacidade do isolado em suprir a adubação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A CULTURA DO MILHO

Pode-se dizer que o milho (*Zea mays* L.) é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, pois serve de base para alimentação animal bem como derivados para alimentação humana e produção de biocombustível. O milho é uma planta oriunda da América Central (México e Panamá) e tem como seu ancestral mais próximo, o Teocinte (FORNAESIERI FILHO, 2007). A planta foi a espécie que deu início ao melhoramento genético, e é o vegetal com maior grau de domesticação que há hoje. Provavelmente, não consiga se manter na natureza, sem a ajuda do homem (PATERNIANI, 2000).

Pertencente à família Poaceae, é uma planta com ciclo fotossintético C4, tem um grande potencial produtivo e alta capacidade na conversão de CO<sub>2</sub> em compostos orgânicos. Por apresentar uma alta taxa fotossintética, tem como característica, uma grande produção de biomassa, com relação C/N alta (MAGALHÃES, *et al*, 2002). As folhas acima da espiga, que recebem mais luz, são responsáveis por 60 a 80% da massa seca dos grãos. Porém, boa atividade fotossintética não garante máxima produção, pois a produtividade varia de acordo com o número de grãos polinizados e desenvolvidos (MAGALHÃES *et al*, 1995). Seu ciclo fenológico varia de 110 a 120 dias, para variedades precoces e hiper precoces e até 200 dias para demais variedades (MAGALHÃES *et al.*, 1995).

Na região sul do Brasil, a safra é cultivada no verão, e a janela de plantio fica entre o mês de setembro (final de agosto), até janeiro. Porém, sempre semeado entre os meses de setembro e outubro (INSTITUTO CEPA, 1995). Várias empresas trabalham no seguimento de produção de sementes e híbridos para produção, com um amplo portfólio de produtos, para todas as finalidades e adaptados as diversas regiões de cultivo (PEREIRA FILHO; BROGHI, 2018).

Quando associado a boas condições de solo, disponibilidade hídrica e nutrientes, o milho tem potencial para altas produtividades, chegando a aproximadamente 15.000 Kg/ha. A produtividade média no Brasil, na safra 2018/2019, foi de 5.730 Kg/ha e a produção total foi de 99.312,3 milhões de toneladas, um crescimento de 23% em relação à safra 17/18, tornando-se a segunda maior safra produzida no país (CONAB, 2019).

A produção de milho está à mercê de vários fatores que podem limitar o seu desenvolvimento, como ataque de pragas e doenças, disponibilidade hídrica, e absorção de

nutrientes (COELHO, 2006). Dados experimentais de Bergamaschi *et al.* (2004) mostraram que a cultura do milho pode ter necessidade hídrica, em média, de até 700 mm, podendo variar entre materiais precoces e tardios.

## 2.2 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS E ADUBAÇÃO NO MILHO

O Brasil é um país essencialmente agrícola, tendo como a produção de grãos atividade pioneira de colonizadores e desbravadores (MAGALHÃES *et al.*, 1995). Segundo dados da Conab (2019), para a safra 2017/2018 de milho, foram plantados 16.616 milhões de hectares, e para a safra 19/19, um total de 17.333 milhões de hectares, crescimento de 4,3%. Porém, vê-se produtividade por área pouco expressiva, chegando a 5 ou no máximo 6.000 Kg/há. Vários fatores podem estar associados a isso, um deles, o de maior importância na questão econômica, é o manejo inadequado dos fertilizantes (LOPES, 2000; GUILHERME, 2000).

A quantidade de fertilizante a ser aplicada segue o mesmo princípio das demais culturas, variando de acordo com os valores obtidos na análise de solo e também dependendo da qualidade do solo (quantidade de matéria orgânica, CTC, saturação de bases) e suas características (porosidade, textura) (AMADO *et al.*, 2002). A adubação recomendada não pode ser aplicada totalmente na base (momento da semeadura), pois alguns nutrientes, como o potássio (K) pode causar a salinidade do solo, afetando o desempenho da cultura, e em muitos casos até impedindo a germinação, e por isso algumas aplicações extras devem ser feitas, como a do nitrogênio (N), em que a maior demanda é nas fases seguintes a emergência, próxima ao estágio de florescimento/reprodutivo (EMBRAPA, 2011). É importante, também, que o solo tenha condições de disponibilizar os nutrientes em todo o ciclo da cultura (COELHO, 2006).

O milho possui um gradiente de exigência de nutrientes, sendo este, da maior para menor: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo (LOPES, 2000; GUILHERME, 2000). Por isso, atenção às análises de solo é de grande importância para que as correções sejam feitas de forma a garantir a máxima eficiência, reduzindo custos (EMBRAPA, 2011).

Além de saber definir a quantidade de fertilizante a ser aplicado, é importante conhecer a dinâmica de absorção da planta, nas suas diferentes fases de crescimento, para que seu desenvolvimento ocorra da melhor maneira possível (COELHO, 2006). Segundo Hoefl (2003), a dose e a época de aplicação de fertilizantes nitrogenados têm efeito marcante na produtividade da cultura.

A cultura apresenta grande exigência em adubação nitrogenada, pois esse nutriente é componente principal de processos bioquímicos, constituinte de enzimas, proteínas e

aminoácidos, além de estar ligado diretamente a área foliar, produção de clorofila e taxa fotossintética (FARIA, 2014). Além disso, a disponibilidade de N pode afetar o tamanho de espiga, número e massa de grãos, sendo esses alguns componentes de rendimento da cultura (FANCELLI, DOURADO NETTO, 2000).

O nitrogênio é considerado um dos principais fatores limitantes ao rendimento de grãos de milho e o que mais onera custo de produção da cultura, e sabe-se, por exemplo, que a adubação nitrogenada representa cerca de 40% do custo total de produção da cultura do milho (BARROS NETO, 2008).

### 2.3 RPCP (RIZOBACTÉRIAS PROMOTORAS DE CRESCIMENTO DE PLANTAS)

Há um grande grupo de bactérias que atuam como promotores de crescimento. Os mais conhecidos e primeiros a serem estudados e utilizados foram os rizóbios (*Rizobium*, *Bradyrhizobium*), pela sua alta eficiência em fixar nitrogênio em simbiose com leguminosas (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Porém, atualmente, vários outros gêneros de bactérias são utilizados, não sendo necessariamente simbiontes, mas que por estarem localizados na rizosfera são denominadas RPCP (Rizobactérias Promotoras de Crescimento de Plantas) promovem o crescimento de vegetais (ZAGO *et al*, 2000). O grande interesse em utilizar bactérias como alternativa em sistema produtivo, dá-se pelo fato da demanda crescente da utilização de tecnologias “limpas”, mas sempre com objetivo de manter altas produtividades. (ZAGO *et al*, 2000).

A utilização de microrganismos como promotores de crescimento em gramíneas vem sendo estudado a um longo tempo, e muitos ainda acreditam que a inoculação ainda não traz resultados significativos (EMBRAPA, 2011). Porém, alguns produtos comerciais já são utilizados, como aqueles a base de *Azospirillum*, que possui a capacidade de fixar nitrogênio e promover o crescimento das plantas, através de outros mecanismos (BASI, 2013). Essas rizobactérias não conseguem suprir toda a demanda de adubação das culturas (EMBRAPA, 2011). Entretanto, as pesquisas continuam para prospecção de rizobactérias mais eficientes no estímulo ao crescimento de plantas e conseqüentemente, na melhoria da absorção de nutrientes por essas (GOMES DA CUNHA, 2017).

O gênero *Pseudomonas*, abrange uma gama de organismos muito versáteis, com diversas características, e para o interesse agrônômico, são capazes de atuar na promoção do crescimento de plantas e no biocontrole de fitopatógenos (FREITAS, *et al*, 2003). As

*Pseudomonas* fluorescentes possuem a característica de atuar diretamente e indiretamente na planta, produzindo reguladores de crescimento vegetal e solubilizando fosfato (diretamente), e, produzindo metabólitos secundários, ( $\beta$  1-3 glucanase, sideróforos e antibióticos), que auxiliam no controle de microrganismos deletérios presentes no solo (FONSECA *et al*, 2000).

Segundo Melo (1998), essas bactérias promovem um aumento na absorção de fosfatos orgânicos por ação de fosfatases, e de fosfato inorgânico, via ação de ácidos orgânicos. Isso, atrelado à sua capacidade de induzir a produção de AIA, que promove o crescimento radicular, faz que a planta seja mais eficiente na absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, melhora seu desenvolvimento e produtividade.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA EXPERIMENTAL.

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Santa Catarina – *campus* Curitibanos, no período da safra 2018/2019. A área está localizada nas coordenadas geográficas 27°16'26.55" S e 50°30'14,41" W com altitude de aproximadamente 1000 metros. O clima da região é classificado, segundo Köppen-Geiger, como Cfb temperado – mesotérmico úmido e verão ameno. Apresenta chuvas bem distribuídas durante o ano todo, sendo a precipitação média anual em torno de 1.480 mm. O mês de julho é o que apresenta menor precipitação, sendo 106 mm no total, e janeiro o mês mais chuvoso, com precipitação de 167 mm (CEPA, 2003).

O solo é classificado como Cambissolo Aplico de Textura Argilosa, com relevo ondulado (EMBRAPA, 2006). A análise do solo em que foi instalado o experimento está na tabela 1.

Tabela 1 - Análise de solo da área experimental

<b>Propriedades</b>	<b>Amostras (0-20)</b>
pH CaCl <sub>2</sub>	5,40
P (mg.dm <sup>-3</sup> )	17,25
K (mg.dm <sup>-3</sup> )	78,00
Ca (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	10,72
Mg (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	5,44
Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	0,00
H + Al (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	4,96
MO (g.dm <sup>-3</sup> )	47,52
SB (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	16,36
CTC pH7 (cmolc.dm <sup>-3</sup> )	21,32
Zn (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,50
Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )	21,80
V (%)	76,74
Mn (mg.dm <sup>-3</sup> )	21,50
Cu (mg.dm <sup>-3</sup> )	3,90

De acordo com os valores obtidos na análise de solo, não foi necessário realizar a correção do solo com calagem ou aplicação de fertilizantes para correção, foi feita apenas adubação de plantio.

### 3.2 DELINEAMENTO E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

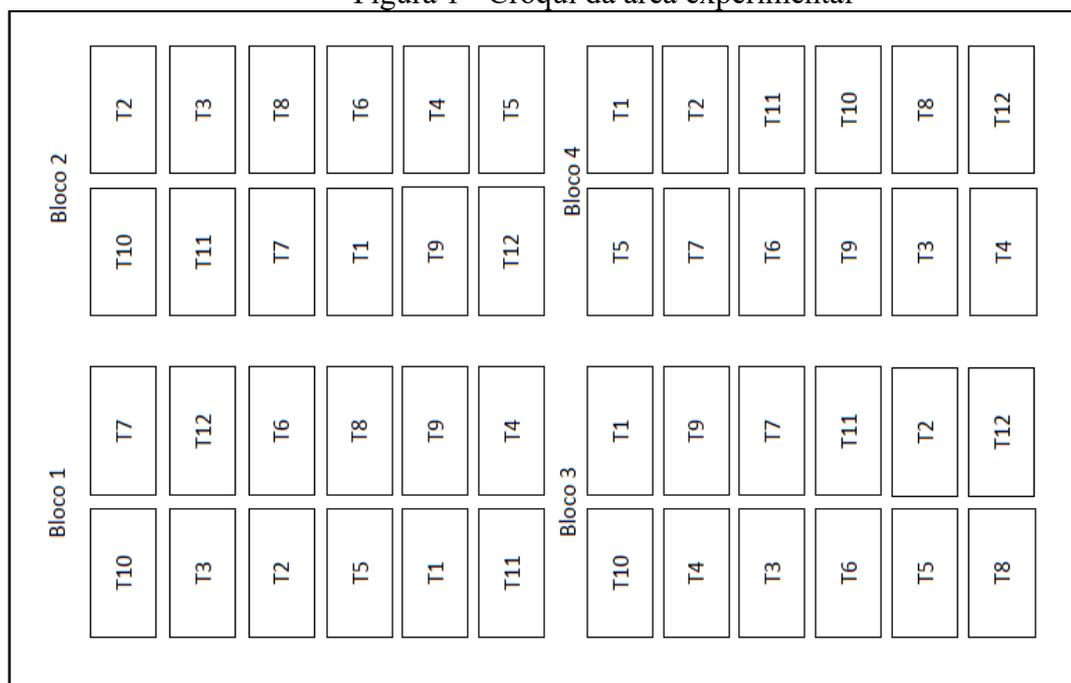
O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial (3x3) +3, sendo: três doses de adubação nitrogenada em cobertura (0%, 50% e 100% da dose recomendada para a cultura), e três isolados de bactérias obtidos do banco de germoplasma do laboratório de microbiologia da UFSC, *campus* Curitibanos (CBSAL21, CBSAL02 e CBSAL05), e mais três tratamentos sem inoculação, em quatro repetições. Foram um total de 12 tratamentos que estão dispostos na tabela 2 e 48 unidades amostrais (Figura 1).

As parcelas foram alocadas com quatro metros de largura por três metros de comprimento, totalizando 12m<sup>2</sup>. O espaçamento utilizado foi de 45 cm entre linhas e 33 cm entre plantas, totalizando um *stand* final de 70 mil plantas por hectare. Cada parcela ficou composta por 8 linhas de plantio, e para avaliação, para evitar efeito de bordadura foram excluídas as duas linhas laterais e mais 50 cm do início e final da parcela, ficando como área útil 5 m<sup>2</sup>. Foram um total de 12 tratamentos que estão dispostos na tabela 2 e figura 1.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos

Tratamentos	Adubação N em Cobertura (%Dose)	Isolado
T1	0	-
T2	50	-
T3	100	-
T4	0	CBSAL21
T5	50	CBSAL21
T6	100	CBSAL21
T7	0	CBSAL02
T8	50	CBSAL02
T9	100	CBSAL02
T10	0	CBSAL05
T11	50	CBSAL05
T12	100	CBSAL05

Figura 1 - Croqui da área experimental



Fonte: O autor.

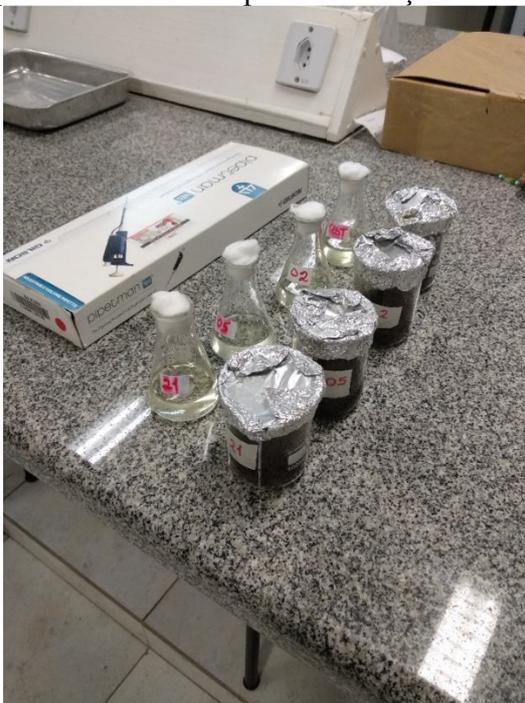
Tabela 3 - Adubação de cobertura em função da dose aplicada.

<b>Primeira aplicação 30 DAS (dose)</b>	<b>Nitrogênio (Uréia) Kg/ha</b>	<b>Potássio (KCl) Kg/ha</b>
100%	47 (105)	24 (40)
50%	23,5 (52,5)	12 (20)
<b>Segunda aplicação 43 DAS</b>		
100%	47 (105)	-
50%	23,5 (52,5)	-

### 3.3 PRODUÇÃO DO INOCULANTE E INOCULAÇÃO.

O preparo do inoculante com isolados de *Pseudomonas* fluorescentes foi realizado no laboratório da UFSC Curitibanos (CBS01). Para obter as suspensões bacterianas, cada isolado foi inoculado em Erlenmeyers contendo 10 mL de meio líquido King B e incubados por 24h a 26 °C. Após este período, cada isolado foi inoculado em turfa previamente esterilizada, onde para cada isolado, foram pesados 7 gramas de turfa, sendo assim, retirado uma alíquota de 0,7 ml de cada isolado e adicionado a turfa seguindo a proporção de 10ml de meio para 100g de turfa. Após essa etapa os beakers com a turfa inoculada foram levados a estufa e incubados por 48h a 26°C, constituindo se assim, o inoculante.

Figura 2 - Suspensão de isolados para inoculação em turfa esterilizada.



Fonte: O autor.

A dose de inoculante para as sementes foi baseada na proporção recomendada para a maioria dos produtos existentes no mercado, com diferentes bactérias promotoras de crescimento vegetal. Recomenda-se 100g de inoculante para 50kg de sementes, acrescido de 300mL de solução açucarada a 10%. Os cálculos da quantidade de inoculante e solução foram efetuados, de acordo com a quantidade de sementes necessária para a instalação do experimento. Nesse caso, para cada isolado foram utilizadas 750g de semente, 1,5 g de inoculante turfoso e 4,5 mL de solução açucarada.

Figura 3 - Sementes para inoculação.



Fonte: O autor.

Para manter as mesmas condições em todos os tratamentos, o tratamento testemunha também recebeu inoculante, sem a presença de bactérias e passou pelo mesmo processo de desenvolvimento descrito acima.

É importante que para eficiência da inoculação, medidas de assepsia sejam tomadas para execução das atividades. Todo o processo de produção do inoculante, no laboratório, foi processado no interior do fluxo laminar e todo material utilizado, previamente esterilizado. Para a inoculação de cada tratamento foram utilizadas luvas, feita a desinfecção de materiais e bancadas com álcool 70%, e também, homogeneização no inoculante sobre a semente.

### 3.4 SEMEADURA

Antes da semeadura, realizou-se a dessecação da área para eliminar plantas indesejadas e também, para que a cobertura de inverno viesse a se tornar palhada. Como pode ser

visualizado na figura 4 algumas plantas resistentes de azevém (*Lolium multiflorum*), permaneceram na área, necessitando uma capina para retirada.

Quatro dias antes da semeadura, realizou-se a adubação de base (N-P-K). Seguindo a análise de solo (tabela 2) e recomendação para a cultura descrito por Tedesco *et al* (2004) a adubação total foi de 122kg/ha de N (265kg ureia), 80kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60kg/ha K<sub>2</sub>O.

O híbrido utilizado neste experimento foi o Dow Agrosiences - 2B587 PW (atualmente ForSeed). É um híbrido precoce, com boa sanidade da espiga e tolerância à seca. Na semeadura, a quantidade de adubo nitrogenado formulado foi de 24,7kg de N/ha (55kg ureia), correspondendo a 20% do total. O restante foi colocado em cobertura. Para o P foram 175kg de supertríplo e de K 100kg KCl. O P foi aplicado todo no momento da semeadura e o K foi colocado parceladamente, sendo 60 kg/ha de KCl na semeadura e o restante em cobertura, junto com a primeira aplicação de N.

Figura 4 - Área experimental após dessecação e demarcação das linhas.



Fonte: O autor.

A semeadura foi realizada dia 10 de novembro de 2018, de forma manual, colocando duas sementes por posição, a fim de obter maior precisão e menos falhas. Sempre na mudança de tratamento, os equipamentos utilizados eram limpos com álcool 70%, e realizada a troca das luvas, para evitar contaminação. As linhas foram demarcadas com a semeadora de verão. Aos

15 DAS (Dias Após a Semeadura), foi realizado o desbaste, para a retirada uma planta de cada posição e evitar a competição.

Para realizar a adubação de cobertura de N foi utilizada a ureia e a aplicação foi realizada em duas etapas. A primeira, aos 30 DAS, uma parte da adubação potássica foi misturado a adubação nitrogenada, seguindo a recomendação (tabela 3). A segunda aplicação de N foi feita aos 43 DAS. A adubação nitrogenada em cobertura foi aplicada de acordo com a tabela 3, para se obter as duas doses testadas, completa (100%) e , metade da dose (50%).

### 3.5 PARÂMETROS AVALIADOS

#### 3.5.1 Altura de planta e inserção da espiga

No estágio fenológico do florescimento masculino, foram avaliados os parâmetros, altura de planta e altura de inserção de espiga. As medições foram feitas nos dois metros quadrados centrais da parcela (área útil), para evitar efeitos de bordadura. Foram aferidas 10 plantas de cada parcela.

A medida da altura da planta foi feita da base da planta, rente ao solo, até a última folha, sem alterar sua conformação. A medida da altura da inserção da espiga foi feita da base da planta, rente ao solo até a base de inserção espiga. Ambas as medidas foram realizadas com auxílio de uma trena métrica.

#### 3.5.2 Diâmetro de colmo

No estágio fenológico do florescimento masculino, foi realizado o diâmetro do colmo, mesurado com o auxílio de um paquímetro digital. A aferição foi realizada nas mesmas dez plantas em que foram realizadas as avaliações de altura de planta e inserção da espiga, levando em consideração o segundo nó acima do solo.

#### 3.5.3 Nitrogênio foliar

No estágio fenológico florescimento masculino foi avaliado o nitrogênio foliar das plantas selecionadas na área útil da parcela. Foi retirada a primeira folha abaixo da espiga

de cada planta amostrada. Foi retirado o terço central da folha, desconsiderando-se as duas extremidades, identificado e armazenado em saco de papel. Em seguida, levados à estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 45°C, onde ficaram por 48h, para perda de umidade. As folhas foram, posteriormente, levadas à trituração. As plantas amostradas foram as mesmas das avaliações dos itens 3.5.1 e 3.5.2.

O método da análise utilizado, baseia-se na decomposição da amostra a temperatura aproximada de 380°C com ácido sulfúrico concentrado. O nitrogênio presente na solução ácida resultante foi determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído (TEDESCO *et al.*, 1995).

### **3.5.4 Número de fileiras e número de grãos por fileira**

Ao final do ciclo de produção, foram coletadas dez plantas da área útil da parcela. Nas espigas para avaliação, o número de fileiras e grãos foram determinados manualmente. Após isso, essas espigas foram debulhadas juntamente com o restante das espigas da área útil da parcela.

### **3.5.5 Produtividade**

Ao final do ciclo foi avaliada a produtividade da cultura, debulhando todas as plantas da área útil da parcela, juntamente com as espigas coletadas para avaliação de número de fileiras e grão por fileiras. A massa de grãos foi pesada, retirada uma amostra para medir a umidade e posteriormente, fez-se a determinação da produtividade em kg/ha, com a correção da umidade a 14%.

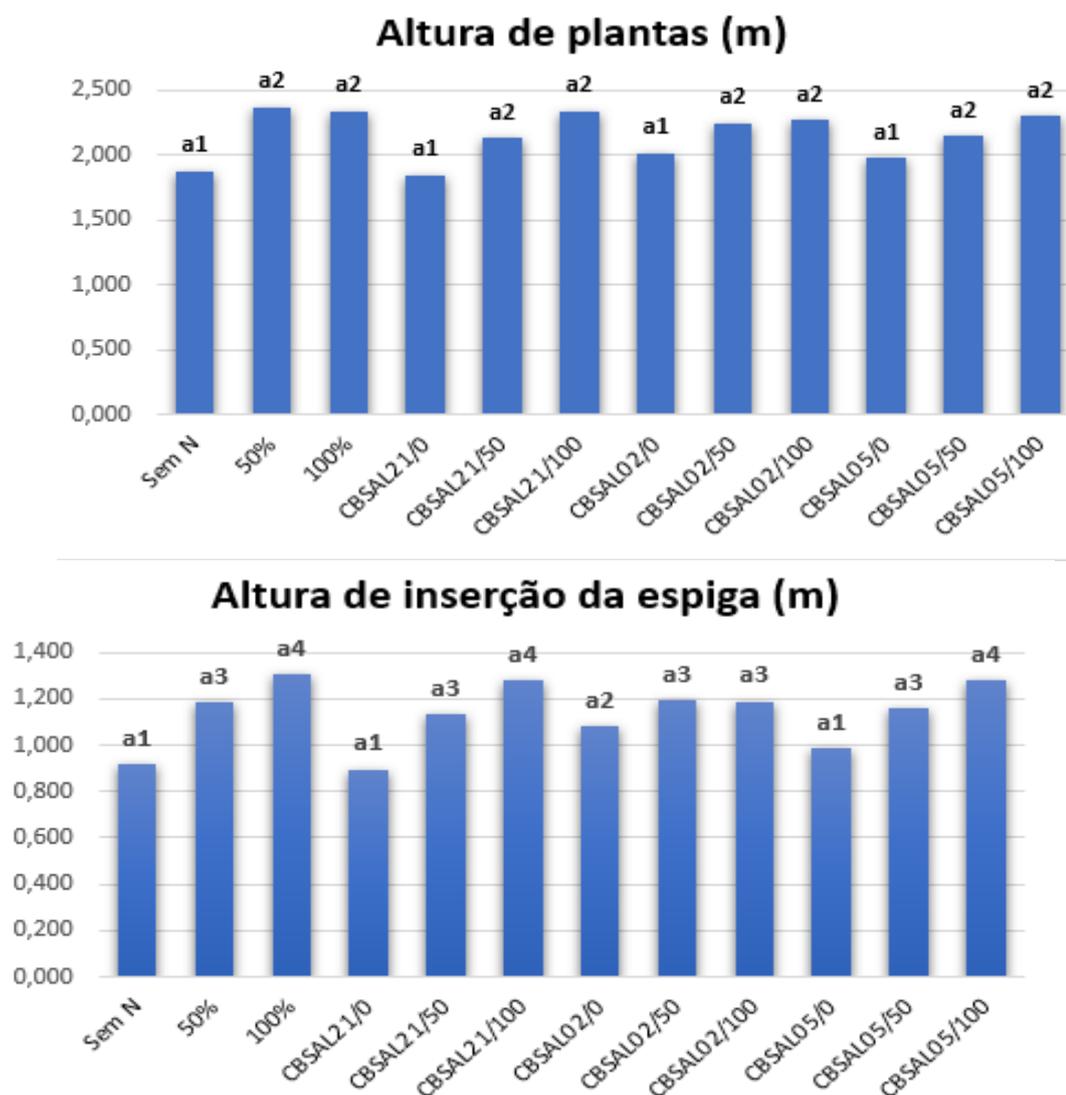
Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos a análise estatística com auxílio do programa Sisvar, passando pela análise de variância ao nível de 5% significância e teste médias Scott-Knott também a 5% de significância.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ALTURA DE PLANTA E INSERÇÃO DE ESPIGA

Houve diferença estatística entre os tratamentos referente aos parâmetros altura de planta e altura de inserção de espiga, o primeiro formando apenas dois grupos e o segundo formando quatro grupos estatísticos, como observa-se na figura 5.

Figura 5 - Altura de plantas e inserção de espiga avaliada aos 86 DAS.



Médias seguidas de números iguais, não diferem estatisticamente.

Esses parâmetros são importantes a serem avaliados, pois estão diretamente ligados à resistência da planta ao acamamento e área foliar para atividade fotossintética (REPKE, 2012). Na figura 5, pode-se observar que para altura de planta, os tratamentos utilizando os inoculantes e 50% da dose de N em cobertura apresentaram resultados estatisticamente semelhantes aos tratamentos controle com 100% e 50% da dose, ficando na faixa entre 2,10 à 2,36 m. Esse, também, foi igual aos tratamentos com inoculante associado a 100% da dose de N. Este resultado demonstrou a capacidade dos isolados em promover incremento no crescimento da planta, com apenas metade da dose de N aplicada em cobertura.

Resultado semelhante foi encontrado por Oliveira (2012), que testou a inoculação de um produto comercial a base de *Pseudomonas fluorescens* em milho segunda safra, variando as doses de adubação N-P-K, sendo elas 125 e 250 kg.ha<sup>-1</sup> e a altura de plantas não variou na presença ou não da inoculação. Cardoso et al. (2008) avaliaram o efeito da inoculação de rizobactérias do gênero *Pseudomonas* no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho precoce, cultivado em casa de vegetação, e constataram efeito positivo da inoculação para esse parâmetro, o que reforça os resultados obtidos neste estudo.

A capacidade de promover incremento na altura de planta é, também, realizado por outras rizobactérias, como é mostrado por Braccini *et al.* (2010) que analisaram a eficiência da inoculação de *Azospirillum* em sementes de milho com e sem nitrogênio e verificaram que os tratamentos inoculados com a bactéria *Azospirillum* proporcionaram maior altura de planta. É sabido que o *Azospirillum*, além de fixar N, estimula o crescimento da planta por produzir fitormônios, como AIA. Existem algumas *Pseudomonas* fixadoras de N, mas a sua principal relevância, especialmente esses isolados é sua capacidade de produzir AIA (Botelho *et al.*, 2019).

Para altura de inserção da espiga, o tratamento com a dose completa de N, e os dois isolados CBSAL21 e CBSAL05 formaram o grupo estatístico com maior média, com valores de 1,28 a 1,30 m. Porém, o isolado CBSAL02 com metade da dose de N apresentou resultado semelhante ao tratamento com 50% da dose de N, sendo 1,19m e 1,18m respectivamente. Esse, também foi semelhante a associação entre esse mesmo isolado e a dose de N completa.

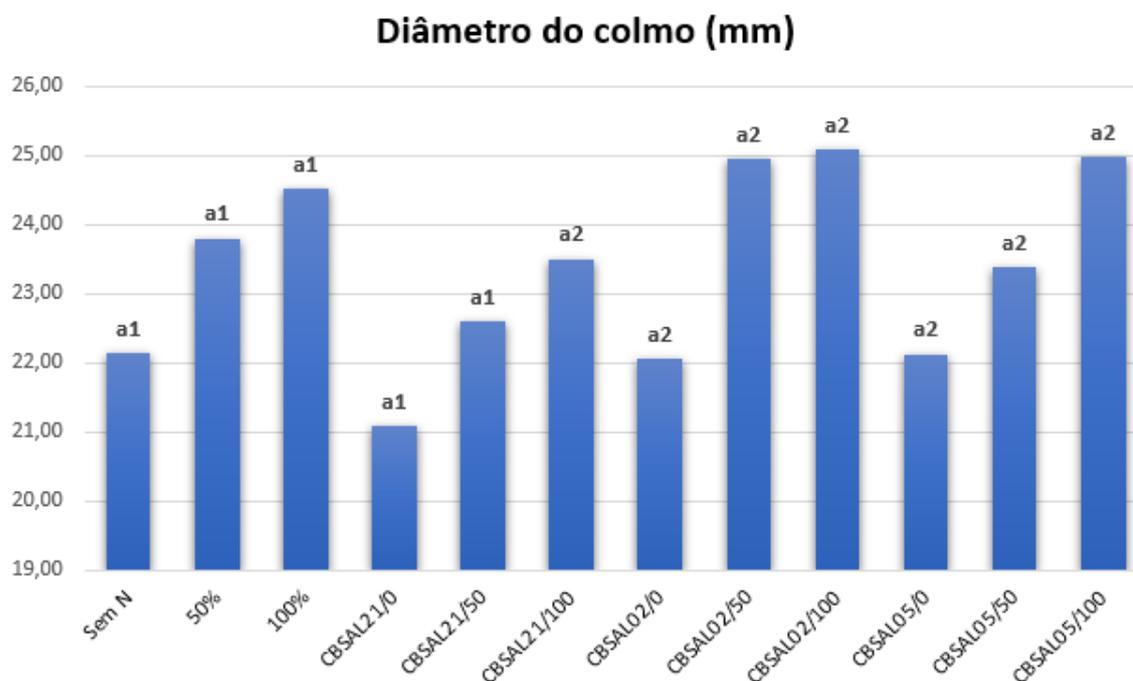
Em seu estudo, Oliveira (2012) não observou diferença para o parâmetro altura de inserção de espiga para tratamentos com inoculação, apresentando resultados diferentes ao presente estudo, que os tratamentos com inoculação e 100% da dose de N, apresentaram ganhos de aproximadamente 40 cm na altura de inserção da espiga. Repke (2012) estudou a relação entre altura de planta e altura de inserção da espiga com o índice de acamamento para dez híbridos comerciais e não observou acamamento de plantas, mesmo para tratamentos em que a

altura de inserção de espiga chegou a 1,40m, reforçando o resultado do presente experimento em que o ganho de altura da inserção da espiga não foi elevado a ponto de causar acamamento das plantas.

#### 4.2 DIÂMETRO DE COLMO

Houve diferença estatística entre os tratamentos, como pode ser observado na figura 6.

Figura 6 - Diâmetro de colmo avaliado aos 86 DAS.



Médias seguidas de números iguais, não diferem estatisticamente.

A avaliação do diâmetro do colmo é importante, pois também é um parâmetro relacionado a resistência da planta ao acamamento, e também, ligado ao transporte e armazenamento de fotoassimilados, e conseqüentemente, pode contribuir com aumentos de produtividade (KAPPES *et al.*, 2011). Na figura 6, pode-se observar diferença de 4 mm no diâmetro de colmo do tratamento com menor média (CBSAL21/0), para o de maior média (CBSAL02/100). Porém, é importante destacar que o isolado CBSAL02 com 50% da dose de N em cobertura apresentou diâmetro de colmo de 24,94mm, resultado semelhante ao tratamento com 100% da dose (24,52mm) e também aqueles com isolados CBSAL05 e CBSAL02 com 100% da dose de N (24,97 e 25,08mm), sugerindo a capacidade dos isolados em manter o desenvolvimento, com 50% da dose de N. O isolado CBSAL02 associado a metade da dose de

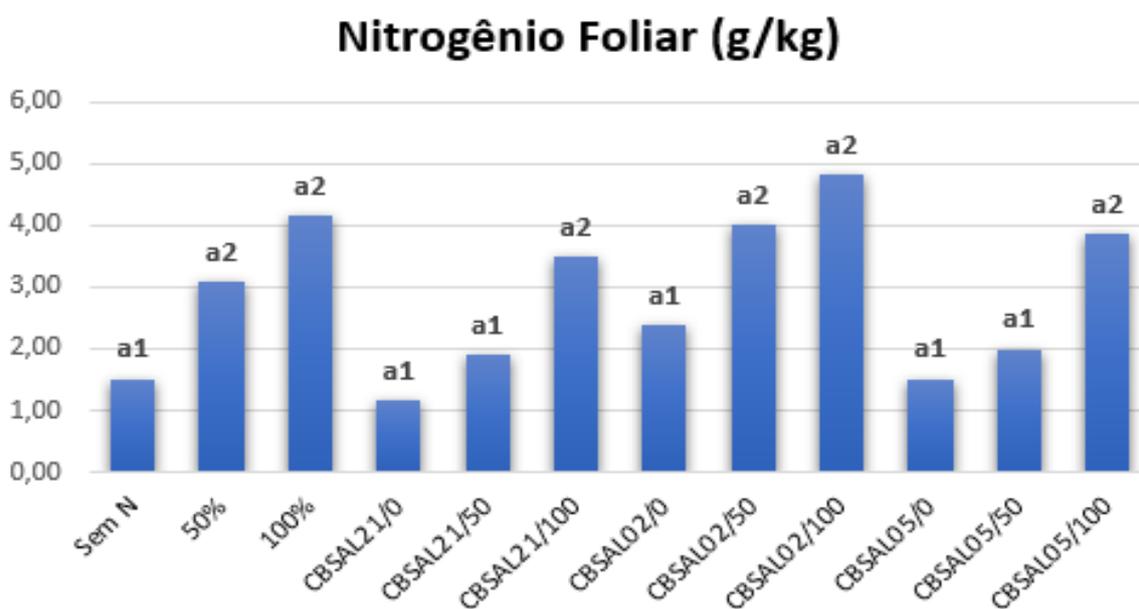
N, apresentou ganho de 9,42% no diâmetro do colmo em relação aos demais isolados associados a mesma condição e adubação.

Em um estudo realizado com inoculação de *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* em milho, por Dartora *et al.* (2013), foi observado um incremento de 15% no desenvolvimento do colmo em relação a testemunha, na fase vegetativa e reprodutiva, efeito que foi atribuído, possivelmente à associação das duas bactérias diazotróficas, onde a promoção do crescimento se dá em função da fixação biológica de nitrogênio (FBN) estimulo na produção de AIA, não somente de raiz, mas para parte aérea da planta, levando a uma maior expansão celular e aumento no diâmetro do colmo.

### 4.3 NITROGÊNIO FOLIAR

Observou-se diferença estatística entre os tratamentos (figura 7).

Figura 7 - Teor de N foliar aos 84 DAS.



Médias seguidas de números iguais, não diferem estatisticamente.

Segundo Raij, *et al.* (1996), a concentração de nitrogênio foliar que apresenta a adequada nutrição da cultura do milho encontra-se entre 27 a 35 g.Kg<sup>-1</sup>.

Os teores de N variaram entre 1 a 5g de N/Kg de biomassa foliar, sendo a maior média obtida pelo tratamento com CBSAL02/100, apresentando 4,82 g de N/Kg, um incremento de 15,86% em relação ao tratamento controle com 100% da dose.

Pode-se observar que todos os tratamentos em que não houve N aplicado em cobertura apresentaram valores menores, juntamente, com os tratamentos dos isolados CBSAL21 e CBSAL05 com 50% da dose. Esses apresentam teores na faixa de 1,16 à 2,39 g. Kg<sup>-1</sup> de N. O tratamento com metade da dose de N apresentou teor de N foliar maior (3,08 g. Kg<sup>-1</sup>) que os dos isolados CBSAL21 e CBSAL05 quando receberam metade da dose de N (1,90 e 2,00 g.Kg<sup>-1</sup>). Observou-se que, apesar de não haver diferença estatística, o isolado CBSAL02 quando associado à dose completa, apresentou maior teor de N que aquele somente com o 100% de N. Isto sugere que o isolado potencializou a absorção desse nutriente e conseqüentemente, sua translocação, melhorando o desenvolvimento da planta podendo contribuir com a produtividade.

O acúmulo de nitrogênio foliar é crescente, de acordo com as doses aplicadas. Observa-se, que a inoculação do CBSAL02 com 50% da dose de N possibilitou a concentração de N foliar semelhante observado na adubação com 100% da dose de N. Basi (2013) constatou, assim como no presente trabalho, que a inoculação de *A. brasiliense* resultou em maior concentração de nitrogênio foliar. Porém, tal efeito pode estar relacionado as crescentes doses de N aplicado, não estabelecendo uma relação direta do aumento no teor de N foliar com a FBN mas sim, com a promoção do crescimento a partir das outras vias de indução, como estímulo na produção de AIA que leva a um maior crescimento das raízes e parte aérea, aumentando a atividade fotossintética e absorção de nutrientes. Lana *et al.* (2012) estudou o efeito da inoculação de *Azospirillum brasiliense* associado a diferentes doses de adubação de base e de N em cobertura e constatou incremento no teor de N foliar, resultado da inoculação.

Os autores ressaltaram que a maior absorção e concentração de nitrogênio pelas plantas inoculadas não é resultado apenas do processo de FBN, mas também pela liberação de substâncias responsáveis por mecanismos de promoção do crescimento vegetal, que favorecem o desenvolvimento radicular e a capacidade das plantas em absorver o nutriente.

#### 4.4 NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA E GRÃOS POR FILEIRA

Houve diferença estatística entre os tratamentos (figura 8).

Figura 8 - Número de fileiras por espiga e grãos por fileira.



Médias seguidas de números iguais, não diferem estatisticamente.

Para esses parâmetros, a estatística da média dos tratamentos diferiu entre os tratamentos que não tiveram adubação nitrogenada em cobertura, para os que receberam. Para esses

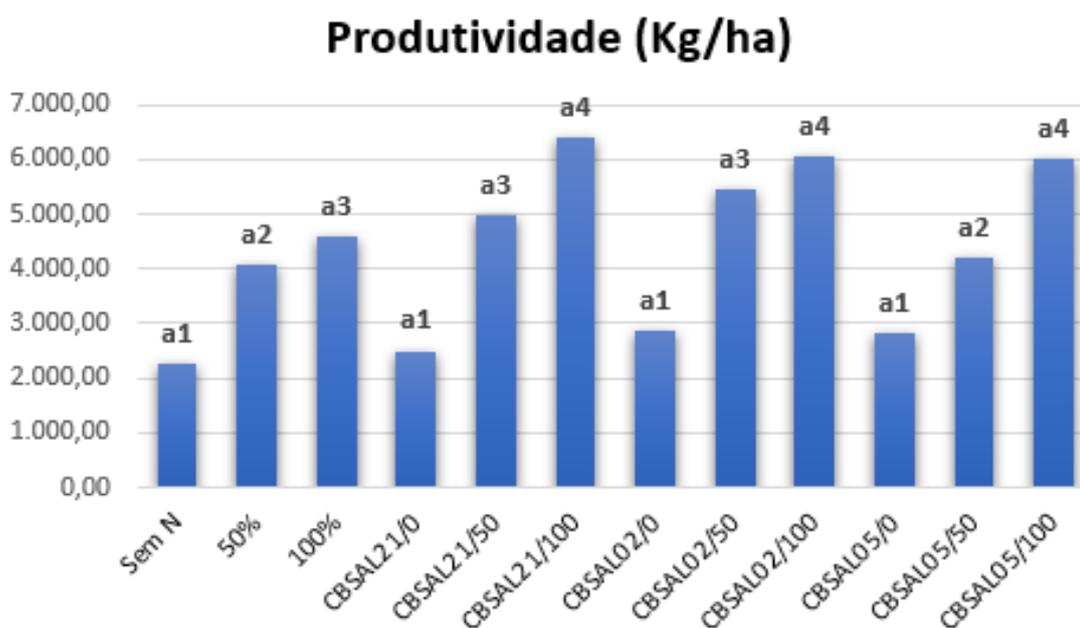
parâmetros, a inoculação dos isolados CBSAL21, CBSAL02 e CBSAL05 associado a 50% da dose de N em cobertura apresentaram resultados de, em média, 16 fileiras por espiga e 25 grãos por fileira. Esses resultados foram estatisticamente semelhantes aos tratamentos em que os isolados receberam 100% da adubação em cobertura, e também, aos tratamentos controle que receberam 100% da dose de N

Em um estudo com inoculação de *Pseudomonas fluorescens* em milho, com diferentes doses de adubação fosfatada, realizado por Zucareli (2011), foi constatado que as diferentes doses de adubação e a inoculação não alteraram o número de fileiras. Porém, em um estudo com *Azospirillum brasilense*, Cavallet *et al.* (2000) encontraram aumento no comprimento médio das espigas de milho, de 13,6 para 14,4 cm, o que proporciona consequentemente um aumento no número de grãos por fileira. Isso reforça os dados obtidos no presente trabalho, em que o tratamento com inoculação do isolado CBSAL02 com 50% da dose de N, apresentou resultado semelhante ao tratamento com 100% da dose, pois mesmo com metade da dose, na presença do inoculante, as plantas apresentaram espigas com número de grãos com fileira maior, afetando positivamente, um parâmetro de rendimento da cultura.

#### 4.5 PRODUTIVIDADE

Houve diferença estatísticas entre os tratamentos (figura 9).

Figura 9 - Produtividade da cultura, em Kg.ha-1.



Médias seguidas de números iguais, não diferem estatisticamente

Para a produtividade, houve uma diferença bastante significativa, o melhor tratamento apresentou ganho de 4137,18 Kg. ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento testemunha, sem N. Os tratamentos em que os isolados receberam 100% da dose de N em cobertura apresentaram resultados mais expressivos, diferindo até mesmo do tratamento testemunha com 100% da dose de N, apresentando ganhos de 1854,41 Kg.ha<sup>-1</sup> para o isolado CBSAL21, 1457,95 Kg.ha<sup>-1</sup> para o isolado CBSAL02 e 1050,71 Kg.ha<sup>-1</sup> para o isolado CSAL05, demonstrando a capacidade dos isolados em promover ganhos em produtividade. Possivelmente, auxiliaram na melhor absorção e translocação de nutrientes, através da capacidade desses isolados em produzir AIA para expansão celular, aumentando o tamanho de raízes e também de parte aérea. Conseqüentemente, melhorou a capacidade da planta em absorver luz e , assim, melhorando a atividade fotossintética.

Um ponto interessante é que os isolados CBSAL02 e CBSAL21 quando associados com metade da dose apresentaram produtividades semelhantes ao tratamento com dose completa. Os ganhos foram de 18,40% e 8,05% respectivamente, indicando o potencial desses isolados em promover melhor absorção e até mesmo diminuir a necessidade da adubação nitrogenada em cobertura. Uma outra observação que reforçou essa possibilidade, foi a produtividade atingida pelo CBSAL05 com metade da dose que se assemelhou à dose de 50%.

Esses dados estão de acordo com os encontrados por Zucareli (2011), em que os tratamentos com inoculação de *P. fluorescens* e as doses completas de adubação apresentaram resultados superiores ao tratamento com 100% da dose. O mesmo foi observado por Oliveira (2012), em que os ganhos de produtividade com a inoculação de *Pseudomonas fluorescens* chegaram à média de 650 kg. ha<sup>-1</sup>, demonstrando o potencial dessas rizobactérias para obter ganhos de produção.

Moreira (2014), testou a inoculação de duas estirpes de bactérias diazotróficas MTAz8 e MTh2, além de um inoculante comercial a base de *A. brasilense*, com tratamentos em que foram aplicados 50 e 100% da dose de N em cobertura. O autor constatou produção equivalente entre os tratamentos, em que foi utilizado o inoculante comercial associado a doses de 50 e 100%, em relação aos tratamentos das duas estirpes associados a 50% da dose de N em cobertura. Esses resultados se assemelham aos do presente trabalho, em que o isolado CBSAL02 com 50% da dose, apresentou produtividade estatisticamente semelhante ao tratamento controle com 100% da dose, e diferença de aproximadamente 500kg.ha<sup>-1</sup> a menos que os tratamentos com dose completa, deixando claro que esses isolados não possuem como característica principal a FBN, mas sim a promoção do crescimento como um todo, que também é de grande importância para a planta.

## 5 CONCLUSÃO

A associação do isolado CBSAL02 com a dose de N de 50% apresentou diferenças significativas para os parâmetros diâmetro de colmo, teor de N foliar, número de grãos por fileira e produtividade, em relação aos tratamentos sem sua inoculação. Isto indicou seu potencial de incremento no crescimento e produção do milho.

A capacidade dos isolados em promover aumento na produtividade ficou bastante expressivo, demonstrando seu potencial em melhorar a absorção de nutrientes e água.

A inoculação em meio turfoso se demonstrou bastante eficiente, visto que foi o primeiro plantio realizado a campo com esses isolados, garantindo assim o melhor desenvolvimento e sobrevivência dessas bactérias no solo.

A inoculação dessas bactérias tem como objetivo a promoção do crescimento e desenvolvimento das plantas, isso inclui tudo o que está atrelado a isso, como por exemplo a produção de fitohormônios (AIA), a solubilização de nutrientes, apontado um uso dessas bactérias como forma de potencializar o desenvolvimento.



## REFERÊNCIAS

- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.
- BARROS NETO, C. R. de. **Efeito do nitrogênio e da inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* no rendimento de grãos de milho**. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Paraná, p. 29, 2008.
- BASI, S. **Associação de *Azospirillum brasilense* e de nitrogênio em cobertura na cultura de milho**. Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava – PR, p.50, 2013.
- BERGAMASCHI, H. et al. **Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, n.9, p. 831- 839, 2004.
- BERND, L.P. et al. Inoculação de *Pseudomonas fluorescens* e adubação NPK na composição química e contaminação fungo-fumonisina de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 28, 2014.
- BOTELHO, G.R. et al. **Plant growth promoting bacteria from garlic sowed at Curitiba micro-region - Santa Catarina – Brazil**. Asociacion Argentina Ciencia del Suelo, Argentina, p.51-65, 2019.
- CARDOSO, I. C. M. et al. **Resposta de milho (*Zea mays* L.) precoce à inoculação de rizobactérias em casa de vegetação**. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Londrina, p.28, 2008.
- CAVALLET, L.E. et al. Produtividade do milho em resposta a aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande – PB, v.4, n.1, p.129-132, 2000.
- COELHO, A.M. Nutrição e Adubação do Milho. **Curricular Técnica 78**, EMBRAPA: Sete Lagoas, 2006.
- COELHO, L.F. **Interação de *Pseudomonas* spp. e de *Bacillus* spp. com diferentes rizosferas**. Instituto Agrônomo – IAC, Campinas – SP, p.71, 2006.
- CONAB, **Acompanhamento da Safra Brasileira: grãos: levantamento Agosto 2019/** Companhia Nacional de Abastecimento – Brasília, CONAB, 2019.
- COSTA, N. R. et al. **Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto**. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 47, n. 8, p. 1038 – 1047, 2012.
- DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 17, n. 10, p.1023-1029, jun. 2013.

EMBRAPA. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo.** Londrina: Embrapa soja, 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Brasília, vol.2, p.306, 2006.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETTO, D. **Produção de milho.** Guaíba: Agropecuária, 360 p, 2000.

FERNANDES, E.; GUIMARÃES, B.; de A.; MATHEUS, R.R. Principais empresas e grupos brasileiros no setor de fertilizantes. **BNDS Setorial**: Rio de Janeiro, n.29, p.203-228, 2009.

FONSECA, M.C.C.; et al. Isolamento e caracterização morfológica de *Pseudomonas spp.* fluorescentes nativas em sistemas de produção agrícola. **Comunicado técnico: EMBRAPA Agrobiologia**, Seropédica, n. 43, 2000.

FORNAESIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho.** Jaboticabal: Funep, 2007, 576 p.

FREITAS, S.S.; MELO, A.M.T.; DONZELI, V.P. **Promoção do crescimento de alface por rizobactérias.** Revista brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, vol.27, n.1, p.10, 2003.

GOMES DA CUNHA, T.Q. **Promoção de crescimento de plantas de tomate mediada por isolados bacterianos.** Morrinhos – GO, Instituto Federal Goiano, p.41, 2017.

HOEFT, R. G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, n. 104, p. 1-4, 2003.

INSTITUTO CEPA, Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. Curitiba: Caracterização Regional. Santa Catarina: **Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR**, p. 33, 2003.

INSTITUTO CEPA. **Síntese anual da agricultura de Santa Catarina**, Florianópolis, p.108-111, 1995.

KAPPES, C.; ARF, O.; ANDRADE, J.A.; OLIVEIRA A.C.; **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas.** *Bragantia*, p.334-343, 2011.

LANA, M. do C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.3, p. 399-405, 2012.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Uso eficiente de fertilizantes e corretivos agrícolas: aspectos agronômicos. **ANDA – Associação Nacional Para Difusão de Adubos**: São Paulo, n.4, p.70, 2000.

MARCHIORO, L.E.T. **Produção de ácido indol acético e derivados por bactérias fixadoras de nitrogênio.** 2005. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, p.47, 2005.

MEDEIROS, E.V. et al. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. **Revista de biologia e ciências da terra**, Sergipe, v.7, n.2, setembro 2007.

MELO, I.S. Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas: descrição e potencial de uso na agricultura. In: MELO, I.S.; AZEVEDO, J.L.(Org.). **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: Embrapa – CNPMA, 1998, p. 87-116.

MOREIRA, J.C.F. **Milho safra submetido à inoculação com bactérias diazotróficas associativas e doses de nitrogênio**. Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, p.64, 2014.

OLIVEIRA, M.A. et al. Desempenho agrônomo de milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v.16, n.10, p.1040-1046, 2012.

PATERNIANI, E.; et al. O valor dos recursos genético de milho para o Brasil. In: BAHIA FILHO, A.; PATERNIANI, E.; CORDEIRO, C.M.T.; GARCIA, J.C.; MAGALHÃES, J.R.; NASS, L.L.; DOS SANTOS, M.S.; et al. (Org.). **Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos**. Brasília: Paralelo 15. 2000, p. 11-41.

PEREIRA FILHO, I.A.; BROGHI, E. **Sementes de Milho no Brasil – A Dominância dos Transgênicos**. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas – MG, p. 31, 2018.

POTTER, R.O.; et al. **Solos do Estado de Santa Catarina**. Embrapa solos: Rio de Janeiro, n. 46, 2004.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2 ed., p. 285, 1996.

RATZ, J.R.; et al. Potencial biotecnológico de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas no cultivo de milho e soja. **ENGEVISTA**, v. 9, n. 4, p. 890-905, 2017.

RESENDE, A.V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da Água Por Nitrato**. Embrapa Cerrados, Planaltina, n.57, p.29, 2002.

TEDESCO, M. J. et al. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 10. ed., 2004.

TEDESCO, M. J. et al. **Análise do solo, planta e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, p.174, 1995.

ZAGO, V.C.P.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N.G. *Pseudomonas spp.* Fluorescentes – Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontroladoras de fitopatógenos em sistemas de produção agrícola. **EMBRAPA Agrobiologia**, Seropédica, n. 127, 2000.

ZUCARELI, C.; CIL, I.R.; PRETE, C.E.C.; PRANDO, A.M. Eficiência agronômica da inoculação à base de *Pseudomonas fluorescens* na cultura do milho. **Revista Agrarian**, Dourados, v.4, n.13, p.152-157, 2011.