

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ICA – Instituto de Ciências Agrárias  
Campus Regional de Montes Claros

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental

Lucas dos Santos Martins

USO DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS  
DE FÓSFORO NO CULTIVO DE *Cicer arietinum*

Montes Claros, MG

2022

Lucas dos Santos Martins

**USO DE LODO DE ESGOTO COMPOSTADO E BACTÉRIAS SOLUBILIZADORAS  
DE FÓSFORO NO CULTIVO DE *Cicer arietinum***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (ICA – Instituto de Ciências Agrárias), como requisito parcial para o grau de bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Doutor Rodinei Facco Pegoraro

Coorientadora:      Doutoranda      Verônica  
Aparecida Santos Ferreira Soares

Montes Claros, MG

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COLEGIADO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

## ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos quatorze dias do mês de dezembro de 2022, às 08h 00min, o estudante Lucas dos Santos Martins, matrícula 2019431798, defendeu o Trabalho intitulado “Uso de lodo de esgoto compostado e bactérias solubilizadoras de fósforo no cultivo de *Cicer arietinum*” tendo obtido a média (90) noventa.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

**Nota:** 90 (noventa)

**Orientador(a):** Rodinei Facco Pegoraro

**Nota:** 90 (noventa)

**Coorientador(a), se houver:** Verônica Aparecida Santos Ferreira Soares

**Nota:** 90 (noventa)

**Examinador(a):** Cândido Alves da Costa



Documento assinado eletronicamente por **Rodinei Facco Pegoraro, Professor do Magistério Superior**, em 19/12/2022, às 21:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Candido Alves da Costa, Professor do Magistério Superior**, em 19/12/2022, às 21:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Verônica Aparecida Santos Ferreira, Usuária Externa**, em 20/12/2022, às 14:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1961193** e o código CRC **40B49D41**.

**Este documento deve ser editado apenas pelo Orientador e deve ser assinado eletronicamente por todos os membros da banca.**



Primeiramente dedico a Deus a esta etapa  
vencida do processo acadêmico

Crisogônio Quaresma Martins e Rosa dos  
Santos Martins, meus pais, pelo apoio, que de  
sumula importância nesse processo acadêmico.

## **AGRADECIMENTO**

Ao meu orientador, Dr. Rodinei Facco Pegoraro, pela: orientação, dedicação, paciência, e principalmente pela amizade durante o período acadêmico.

A minha coorientadora, Doutoranda Verônica Aparecida Santos Ferreira Soares, pela: orientação, dedicação, paciência e pela amizade.

Ao Técnico Márcio Neves Rodrigues pelos ensinamentos e auxílio nas análises químicas que foram de suma importância na condução do presente trabalho e pela amizade.

Ao Instituto de Ciências Agrárias – Campus Montes Claros.

À meus pais Crisogônio Quaresma Martins e Rosa dos Santos Martins, minhas irmãs Fernanda Quaresma Martins e Lívia Maria Quaresma Martins e minha namorada Samara Fernandes Alves, pelo apoio dado nos momentos difíceis passados no período acadêmico.

A todos que auxiliaram no presente trabalho.

## Resumo

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo e tem papel importante para milhões de pessoas ao redor do mundo, sendo fonte de proteína para a alimentação dessas populações. Tendo o Brasil como um país agrícola, onde a uma grande produção de outras leguminosas, o cultivo do grão-de-bico é recente e as definições de técnicas de manejo de fertilizantes são escassas. Neste trabalho, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e produtividade do grão-de-bico com aplicação de mix de bactérias solubilizadoras de fósforo com o uso do lodo de esgoto compostado. O estudo foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições em esquema fatorial 2 x 4, consistindo de ausência e presença do mix de *Bacillus subtilis sp* e *Bacillus megaterim sp.* e quatro manejos de fontes orgânicas e minerais de fósforo: ausência de adubação; adubação mineral com 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples; adubação orgânica com 150 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de lodo de esgoto compostado e adubação mineral e orgânica na proporção de 50:50% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Os resultados evidenciam que houve aumento médio de 41,14% na produtividade do grão, e o uso da adubação fosfatada influenciou nas variáveis altura da planta e massa seca total. O mix de *Bacillus* não apresentou ação significativa na produtividade do grão de bico, apesar de ter influenciado na interação entre *Baccillus spp* e fontes de adubação para as outras variáveis. A utilização do lodo de esgoto compostado e mistura do superfosfato simples com o lodo de esgoto compostado podem ser considerados como fontes alternativas viáveis de adubação fosfatada para o aumento da produção de grão-de-bico e redução do consumo de fontes minerais de fósforo.

**Palavras-chave:** *Bacillus spp*, produtividade, grão-de-bico, biossólidos.

## Abstract

The chickpea (*Cicer arietinum L.*) is one of the most important legumes grown in the world and plays an important role for millions of people around the world, being a source of protein to feed these populations. Considering that Brazil is an agricultural country, where there is a large production of other legumes, the cultivation of chickpeas is recent and the definitions of fertilizer management techniques are scarce. In this work, the objective was to evaluate the development and productivity of chickpeas with the application of a mix of phosphorus-solubilizing bacteria with the use of composted sewage sludge. The study was carried out in a randomized block design, with four replications in a 2 x 4 factorial scheme, consisting of absence and presence of the mix of *Bacillus subtilis sp* and *Bacillus megaterim sp.* and four managements of organic and mineral sources of phosphorus: absence of fertilization; mineral fertilization with 150 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the form of simple superphosphate; organic fertilization with 150 kg ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in the form of composted sewage sludge and mineral and organic fertilization in the proportion of 50:50% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. The results show that there was an average increase of 41.14% in grain productivity, and the use of phosphorus fertilization influenced the variables plant height and total dry mass. The *Bacillus* mix did not show a significant effect on chickpea productivity, despite having influenced the interaction between *Baccillus spp* and fertilizer sources for the other variables. The use of composted sewage sludge and the mixture of simple superphosphate with composted sewage sludge can be considered as viable alternative sources of phosphate fertilization to increase chickpea production and reduce the consumption of phosphorus mineral sources.

Keywords: *Bacillus spp.*, Productivity, Chickpea, Biosolids.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Área experimental.....	20
<b>Figura 2</b> - Dados climatológicos do período de cultivo .....	21
<b>Figura 3</b> - Vista do local onde foi conduzido o experimento. ....	23
<b>Figura 4</b> - Vista da lagarta das vagens ( <i>Helicoverpa</i> spp).....	24
<b>Figura 5</b> - Estufa de ventilação forçada.....	24
<b>Gráfico 1</b> - Caracterização da interação do crescimento de plantas do grão de bico no uso de <i>Bacillus</i> spp e adubações. ....	26
<b>Gráfico 2</b> - Caracterização da interação da massa seca total no uso de <i>Bacillus</i> spp e adubações .....	28
<b>Gráfico 3</b> - Caracterização da produtividade em relação ao do tipo de adubação.....	29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição nutricional do feijão e do grão-de-bico (por 100 g) .....	16
<b>Tabela 2</b> – Atributos químicos do solo .....	22
<b>Tabela 3</b> - Atributos físicos do solo .....	22
<b>Tabela 4</b> - Caracterização química do lodo de esgoto compostado utilizado no experimento. Dados de acordo com Cardoso et al. (2021).....	22

## **LISTA DE SIGLAS**

**AP** - Altura da planta

**Co** – Carbono orgânico

**DAE** – Dias após emergir

**Fe** – Ferro

**K** – Cálcio

**LC** - Lodo de esgoto compostado

**Mg** – Magnésio

**Mn** - Manganês

**MST** - Massa seca total

**P** – Fósforo

**Prod** - Produtividade

**SS** - Superfosfato simples

## SUMÁRIO

<b>1 - Introdução.....</b>	<b>13</b>
<b>2 - Objetivos .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 - Objetivo específicos .....</b>	<b>14</b>
<b>3 - Referencial teórico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 - Cultura do grão-de-bico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 - Adubação fosfatada .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3 - Bactérias solubilizadoras de fósforo .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 - Adubação com biossólidos (Lodo de esgoto compostado).....</b>	<b>18</b>
<b>4 - Materiais e métodos.....</b>	<b>20</b>
<b>4.1 - Área experimental .....</b>	<b>20</b>
<b>4.2 - Caracterização de solo e lodo de esgoto compostado .....</b>	<b>21</b>
<b>4.3 - Delineamento Experimental e Plantio .....</b>	<b>22</b>
<b>4.4 - Adubação e manejo .....</b>	<b>23</b>
<b>4.5 - Coleta e preparo das amostras .....</b>	<b>24</b>
<b>4.6 - Análise estatística dos dados.....</b>	<b>25</b>
<b>5. Resultados e discussão.....</b>	<b>25</b>
<b>5.1 - Altura.....</b>	<b>25</b>
<b>5.2 - Massa seca total .....</b>	<b>27</b>
<b>5.3 - Produtividade.....</b>	<b>28</b>
<b>6 - Conclusão .....</b>	<b>29</b>
<b>Referências .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO I - Disposição do experimento em campo.....</b>	<b>36</b>

## 1- Introdução

O grão-de-bico (*Cicer arietinum L.*) é considerada uma leguminosa importante, onde é cultivada em todo mundo e apresenta um papel importante na alimentação de milhões de pessoas (DE PAULA QUEIROGA, 2021). A produção e o consumo se encontram em grande parte nos países em desenvolvimento localizados no subcontinente Indiano, Oeste da Ásia, Norte e Leste da África, Sudoeste Europeu e América Central (NASCIMENTO et al., 2016). Onde no ano de 2019, estimou-se a produção mundial em 14,25 milhões de toneladas, em uma área cultivada de 13,72 milhões de hectares (BRASIL, 2021).

O Brasil é considerado um país agrícola, que vem investindo cada vez mais na expansão e produção de leguminosas, que são sementes ricas em proteínas e fibras, como o feijão, a ervilha e o grão-de-bico. Devido aos interesses e investimentos de outros países, na produção e exportação desses produtos, tem se investido em cultivares mais adaptadas as condições climáticas do país, e que possuam uma boa qualidade nutricional (EMBRAPA, 2016).

Para Avancini (1992), o consumo do grão-de-bico ainda é muito limitado no Brasil, quando comparado a outras leguminosas como o feijão. Sendo ele uma leguminosa que tem, nutricionalmente, grande potencial a ser explorado, a fim de minimizar as deficiências protéicas e minerais da população, uma vez que ele é uma boa fonte de minerais (P, Mg, Fe, K, Co, Mn).

Segundo Macêdo (2020), a produção do grão-de-bico no Brasil sempre foi muito baixa, quase inexistente, mas foi a partir de 2016 que o cultivo aumentou de maneira significativa, como visto a seguir, com dados de área cultivada no Brasil nos últimos anos: 2013 – 26 ha; 2014 – 280 ha; 2015 – 300 ha; 2016 – 460 ha; 2017 – 800 ha; 2018 – estimativa de 10 mil ha.

Grandes produtividades apenas serão alcançadas quando as condições supracitadas forem adequadas, em todos os estágios de desenvolvimento da cultura. Com isto, estudos relacionados, principalmente a nutrição dos solos e conseqüentemente das plantas se tornam fundamentais para aprimorar o rendimento da cultura (REZENDE et al., 2021).

Pensando na nutrição dos solos e das plantas, e sabendo que o fósforo, é um dos macronutrientes mais necessários para o desenvolvimento dessas, o uso de tecnologias e novas fontes de fósforo são de extrema importância, ao se pensar em alta produtividade, baixos custos de produção e nutrição do solo/planta.

Uma dessas fontes de fósforo e foco do presente estudo é o lodo de esgoto compostado que, com o crescimento urbano acelerado, aumenta a sua produção nas estações de tratamento

e conseqüentemente a necessidade de um descarte adequado, onde a estudos voltados o uso na agricultura. A principal vantagem do uso de lodo de esgoto compostado em solos utilizados para agricultura é a incorporação de nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e micronutrientes, sendo uma boa fonte de nutrientes para as culturas (CRUZ, 2019).

O teor de nutrientes (N, P e micronutrientes) e o conteúdo de matéria orgânica presentes no lodo têm importância maior nos casos de aplicação no solo ou uso para produção de fertilizantes (BATISTA, 2015). A utilização do lodo de esgoto compostado como fertilizante orgânico é considerada atualmente a alternativa mais promissora e segura de disposição final desse resíduo, principalmente na recuperação de áreas degradadas por representar uma fonte de nutrientes, promover uma melhora na agregação de partículas tendo como consequência o aumento da retenção de água e aumentar a produtividade das culturas, melhor estabelecimento de mudas e regeneração natural (FARIA *et al.*, 2018; ZONG *et al.*, 2018).

Em razão da expansão do saneamento básico e da melhoria dos processos de tratamento de esgoto no Brasil, houve conseqüente aumento na geração de lodo de esgoto compostado, de modo que as empresas de saneamento enfrentam o desafio de destinar adequadamente esse resíduo. As opções atuais mais viáveis, sob os aspectos ambiental, econômico, técnico e operacional, são o uso agrícola e a disposição em aterro sanitário ou industrial licenciado (GODOY, 2013; SAMPAIO, 2013).

Tem-se buscado cada vez mais alternativas sustentáveis para o aproveitamento de resíduos agrícolas industriais e urbanos a fim de, reduzir custos com adubos químicos. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento e produtividade do grão-de-bico com aplicação de mix de bactérias solubilizadoras com o uso do lodo de esgoto compostado.

## **2 - Objetivos**

### **2.1 - Objetivo geral**

Avaliar o desenvolvimento e produtividade do grão de bico (*Cicer arietinum L.*) com aplicação de mix de bactérias solubilizadoras com o uso do lodo de esgoto compostado.

### **2.2 - Objetivo específicos**

Avaliar o uso de diferentes fontes de adubações na produtividade do grão de bico;

Avaliar os efeitos do mix de bactérias solubilizadoras no desenvolvimento vegetativo na cultura do grão de bico;

Verificar o uso de adubação alternativa fosfatada por meio de lodo de esgoto compostado.

### 3 - Referencial teórico

#### 3.1 - Cultura do grão-de-bico

O grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) segundo Van Der Maesen (1987) e Nascimento *et al.*, (2016), tem sua origem na região do sudeste da Turquia e na Síria, e foi introduzido na Europa, Índia e inserido no Brasil por imigrantes espanhóis e do Oriente Médio. O mesmo é considerado uma das primeiras leguminosas domesticada pelo homem, onde seu processo de domesticação/evolução da cultura, seguiu o método de seleção artificial, onde são: selecionadas as sementes maiores e palatáveis; menor deiscência; grãos que não apresenta dormência; uniformidade de maturação; precocidade, diferentes formatos de grãos (SCHWANITZ, 1966).

É uma leguminosa pertencente à família *Fabaceae*, subfamília *Papilionoideae* e da tribo *Cicereae* (NASCIMENTO *et al.*, 2016). Pertencente ao gênero *Cicer*, conhecido por reproduzirem especificamente por autofecundação (MANARA, 1992). O gênero *Cicer* possui quarenta e três tipos de espécies, onde nove anuais, trinta e três perenes e uma não especificada. Apresentam grande variação morfológica, provenientes de fatores genéticos, ambientais e interação entre si (NASCIMENTO *et al.*, 2016; VAN DER MAESEN, 1987). Dentro da diversidade se espécies do gênero *Cicer*, o grão-de-bico é a única espécie que possui interesse econômico (VAN DER MAESEN, 1987).

O grão-de-bico é uma cultura resistente à seca e de estação fria. Devido a planta ser resistente a baixas temperaturas, onde realmente é cultivada em áreas subtropicais semiáridas com inverno anual, depois de uma colheita de cereais no verão, como trigo ou cevada (DE PAULA QUEIROGA, 2021).

A germinação é considerada do tipo hipógea. As plântulas desenvolvem de forma ereta aparecendo na superfície do solo as folhas iniciais apresentam-se fechadas, onde seus cotilédones conservam-se sob o solo. As folhas verdadeiras apresentam dois ou três pares além de uma folha terminal. Boa parte da plântula é revestida por pelos. A raiz primária é alongada e apresenta ramificações, onde são classificadas de primárias, secundárias e terciárias (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

O grão-de-bico possui tricomas glandulares e não glandulares na superfície, protegendo a planta contra vários fatores externos como, por exemplo: ataque de herbívoros e patógenos, radiação ultravioleta, calor extremo, perda excessiva de água e proteção química (VALLE *et al.*, 2018; NASCIMENTO *et al.*, 2016).

As folhas do grão-de-bico são consideradas alternas, apresentam um comprimento de até 10 cm, compostas por 9 a 19 folíolos alternos também. As flores possuem cor púrpura e

branca. O período de florescimento estende por até 50 dias em condições ambientes favoráveis, no entanto perduram por 20 dias em condições adversas. Em temperaturas mais baixa, somente cerca de 50% das flores dão vagens e necessitando de maior tempo para a maturação. O número de vagens pode chegar até trezentas por planta. Onde as vagens podem conter de uma a duas sementes (DE PAULA QUEIROGA, 2021). Três formatos da semente podem ser observados: angular (formato bicado ou cabeça de carneiro), cilíndrico (formato da cabeça de coruja), e arredondado (formato da semente de ervilha). O peso de 100 sementes pode variar de 8 g a 75 g (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

Segundo Ferreira *et al.*, (2006) e Nascimento *et al.*, (2016), o grão-de-bico possui um grande valor nutricional em proteínas, carboidratos, minerais, vitaminas e fibras. Comparando com o feijão, na qual é considerada a leguminosa mais utilizado na mesa pelos brasileiros, o grão-de-bico apresenta maior composição nutricional (Tabela 1).

**Tabela 1** - Composição nutricional do feijão e do grão-de-bico (por 100 g)

<b>Componente</b>	<b>Feijão-preto</b>	<b>Feijão-carioca</b>	<b>Grão-de-bico</b>
<b>Calorias (cal)</b>	77	76	355
<b>Proteínas (g)</b>	4,5	4,8	21,2
<b>Lipídeos (g)</b>	0,5	0,5	5,4
<b>Colesterol (mg)</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Carboidrato (g)</b>	14	13,6	57,9
<b>Fibra (g)</b>	8,4	8,5	12,4
<b>Cálcio (g)</b>	29	27	114
<b>Ferro (mg)</b>	1,5	1,3	5,4

Fonte: UNICAMP (2011)

Os principais países produtores do grão-de-bico são a Índia, responsável por 64% da produção global de grão-de-bico, seguida da Austrália, por 7,13% para o ano de 2016. Outros países principais incluem Mianmar, Paquistão, Turquia, Etiópia, Rússia, Irã, México e Estados Unidos (DE PAULA QUEIROGA *et al.*, 2021).

Os primeiros plantios no Brasil ocorreram nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul utilizando variedades de origem europeia, no período da primeira Guerra Mundial (CORRÊA, 1984). Em 1989, o Instituto Agrônomo de Campinas iniciou pesquisas com uma

espécie 'IAC Marrocos' no intuito de recomendar essa cultivar para o estado de São Paulo (VIEIRA *et al.*, 1999; ARTIAGA, 2012).

O consumo do grão-de-bico é pequeno no Brasil, comparado com outras leguminosas. Eles podem ser consumidos de diversas formas, em saladas, verdes, secos e fritos, torrados, cozidos na forma de lanches, doces e condimentados, moídos na forma de farinhas (AVANCINI *et al.*, 1992; NASCIMENTO *et al.*, 2016).

### **3.2 - Adubação fosfatada**

A maioria dos solos do Brasil apresentam baixos teores de fósforo, devido ao seu elevado poder de imobilização do nutriente adicionado (RAIJ *et al.*, 1982). Com isso é necessário a aplicação de uma grande quantidade de adubo para aumentar o teor de fósforo disponível no solo explorado pelo sistema radicular (VOSS *et al.*, 1998).

O fósforo é o nutriente limitador da produtividade de biomassa em solos tropicais (NOVAIS e SMYTH, 1999). Os solos brasileiros apresentam baixo teor de fósforo, devido ao seu material de origem e da forte interação do fósforo com o solo (RAIJ, 1991), onde que menos de 0,1% encontra-se em solução disponível para as plantas (FARDEAU, 1996).

O fósforo é um nutriente fundamental, devido a planta utiliza-lo como fonte de energia na forma de adenosina trifosfato (ATP) e fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina (NADPH), necessário para a translocação, na formação dos ácidos nucleicos e fosfolipídios e outros processos metabólicos, sendo essencial desde o estágio inicial de desenvolvimento da planta (SCHUMAN, 1994; NOVAIS *et al.*, 2007; GRANT *et al.*, 2001).

Conforme Machado *et al.* (1999) e De Paula Queiroga *et al.* (2021), o fósforo é um dos nutrientes que apresenta baixa mobilidade no solo e mais limitantes à nutrição de plantas em condições tropicais, e assim, a baixa disponibilidade do nutriente pode ocasiona perda na produção de forragem. Segundo Tibau (1984), o fósforo tem grande importância no desenvolvimento e ativação das raízes, nas quais são responsáveis por encontra-lo no solo e absorve-lo por difusão, o que reflete diretamente na produção das culturas.

Para Malavolta (1989), o P aplicado em quantidades adequadas, melhora o desenvolvimento radicular, a planta apresenta maior vigor, reduz o tempo de maturação fisiológica, estimula o florescimento e formação das sementes, aumenta a resistência ao frio e produtividade.

O grão-de-bico cultivado em solos com pH em torno de 8, em zonas áridas e semiáridas, pode apresentar problema, devido ao fosfato se unirem ao cálcio, gerando fosfatos de cálcio mais insolúveis. E em solos com pH mais ácido (5,5), os fosfatos se unem ao alumínio.

Embora as plantas terem mecanismos que ao liberar ácidos orgânicos fazem com que o teor de fósforo aumente, é adequado que o pH do solo esteja entre 6 e 7, onde o fosfato possui maior solubilidade (DE PAULA QUEIROGA *et al.*, 2021).

### **3.3 - Bactérias solubilizadoras de fósforo**

Na forma solúvel, o fósforo apresenta em baixa concentração nos solos. Boa parte dos solos usados na agricultura contém grandes reservas de fósforo acumulado devido a aplicações frequentemente de fertilizantes. No entanto, boa parte é imobilizada após a aplicação, devido o pH e tipo de solo, torna-se indisponível as plantas (RODRÍGUEZ *et al.*, 1999). Visando a disponibilidade desse fósforo imobilizado para as plantas, muitos estudos têm sido feitos com bactérias solubilizadoras de diferentes espécies, onde mostra eficácia no processo biológico (RODRÍGUEZ *et al.*, 1999).

Os inoculantes líquidos são indicados para o tratamento de sementes ou aplicação via jato no sulco de semeadura. Composto pelas cepas BRM 119 (*Bacillus megaterium* spp) e BRM 2084 (*Bacillus subtilis* spp). O gênero *Bacillus* tem se mostrado muito eficiente, onde se trata de um grupo de bactérias Gram-positivas amplamente distribuídas no ambiente, espécies que apresentam características fisiológicas, metabólicas e fenotípicas. (SANTOS, 2021). Os inoculantes contendo cepas de *Bacillus* apresentam mais estabilidade no ambiente, devido a sua capacidade de formação de endósporos, adaptando a condições abióticas extremas, como temperaturas, pH ou exposição a pesticidas (BAHADIR *et al.*, 2018).

Conforme Paiva *et al.* (2020), as bactérias se relacionam com a planta desde o início da formação das raízes, elas se multiplicam e colonizam a rizosfera da planta. Nesse processo, os *Bacillus megaterium* e *Bacillus subtilis* dão início a produção de ácidos orgânicos. Onde esses ácidos agem na fração do solo que está em contato com as raízes das plantas, dando início assim o processo de solubilização do fósforo que está retido no solo, fazendo com que fique disponível para a absorção e a assimilação pela planta. O BiomaPhos também atua na mineralização do fósforo presente na matéria orgânica do solo, dando maior aporte desse elemento para o cultivo.

### **3.4 - Adubação com biossólidos (Lodo de esgoto compostado)**

A composição do esgoto é conforme as fontes geradoras, ou seja, se oriundos de uma região com característica residencial/comercial ou tipicamente industrial, e do período do ano entre outros fatores. Um lodo de esgoto compostado típico apresenta em torno de 40% de matéria orgânica, 4% de nitrogênio, 2% de fósforo, os demais macros e micronutrientes que são essenciais para o desenvolvimento vegetal, além de elementos potencialmente tóxicos, podendo

ser utilizado na recuperação de solos erodidos e de áreas degradadas (BETTIOL *et al.*, 2006; NAVAS *et al.*, 1999; BEZERRA *et al.*, 2006;) e como fonte de nutriente para cultivos agrícolas e florestais (JUNIO *et al.*, 2013).

O uso do lodo de esgoto composta quando comparado com o esterco bovino, outra fonte de adubos orgânicos, apresenta maior concentração de fósforo. Onde sua concentração varia conforme o manejo dos bovinos, para manejo de corte e leiteiro, foram determinados teores de fósforo entre 0,45-1,42% e 0,28-1,5%, respectivamente (PAGLIARI *et al.*, 2012).

Conforme Bettiol *et al.*; (2006), o uso do lodo de esgoto compostado em solos agrícolas bem como vantagens na incorporação dos macronutrientes (nitrogênio e fósforo) e dos micronutrientes (zinco, cobre, ferro, manganês e molibdênio). No entanto os lodos são pobres em potássio, havendo assim a necessidade de adicioná-lo ao solo na forma de adubos minerais. Pode-se dizer que, o lodo de esgoto compostado é capaz de levar ao solo as quantidades de nutrientes suficientes para as culturas, porém nem sempre de maneira equilibrada e em formas disponíveis para as plantas em curto prazo.

Com respeito à melhoria das condições físicas do solo, o lodo de esgoto compostado, de modo semelhante às outras fontes de matéria orgânica, aumenta a retenção de água em solos arenosos e melhora a permeabilidade e infiltração nos solos argilosos e, por determinado tempo, mantém uma boa estrutura, estabilidade dos agregados na superfície e capacidade de troca catiônica (BEZERRA *et al.*, 2006).

Existem vários trabalhos de pesquisas no país que evidenciam que o lodo é um resíduo com potencial de uso agrícola. Para a cultura do milho no cerrado brasileiro (SILVA *et al.*, 2000), demonstraram que o lodo de esgoto compostado, gerado pela CAESB em Brasília - DF, apresenta potencial para substituição dos fertilizantes minerais. Melo *et al.* (2000) apresentam informações sobre o fornecimento de nutrientes pelo lodo de esgoto compostado para as seguintes culturas: cana-de-açúcar, milho, sorgo e azevém. Existem ainda, informações do aproveitamento do lodo de esgoto compostado para arroz, aveia, trigo, pastagens, feijão, soja, girassol, café e pêssego entre outras culturas (BETTIOL *et al.*, 2000).

O Brasil nos últimos anos, a legislação para a reciclagem agrícola do lodo de esgoto compostado, seja como matéria-prima para fabricar fertilizantes orgânicos e condicionadores de solo ou para uso direto no solo como resíduo, muito avançou. Como matéria-prima, as regras foram atualizadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa SDA Nº 61 de 08/07/2020, e como resíduo, o seu uso direto no solo

segue os critérios da resolução CONAMA N° 498 de 19/08/2020, versão atualizada da Resolução CONAMA N° 375 de 29/08/2006 (BRASIL, 2020).

## 4 - Materiais e métodos

### 4.1 - Área experimental

O experimento foi conduzido em campo na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias, campus Montes Claros – MG, coordenadas geográficas 16°40'57.51"S 43°50'21.40"O, altitude de 627 m (GOOGLE EARTH, 2021), no período de junho a outubro de 2021, (FIGURA 1).

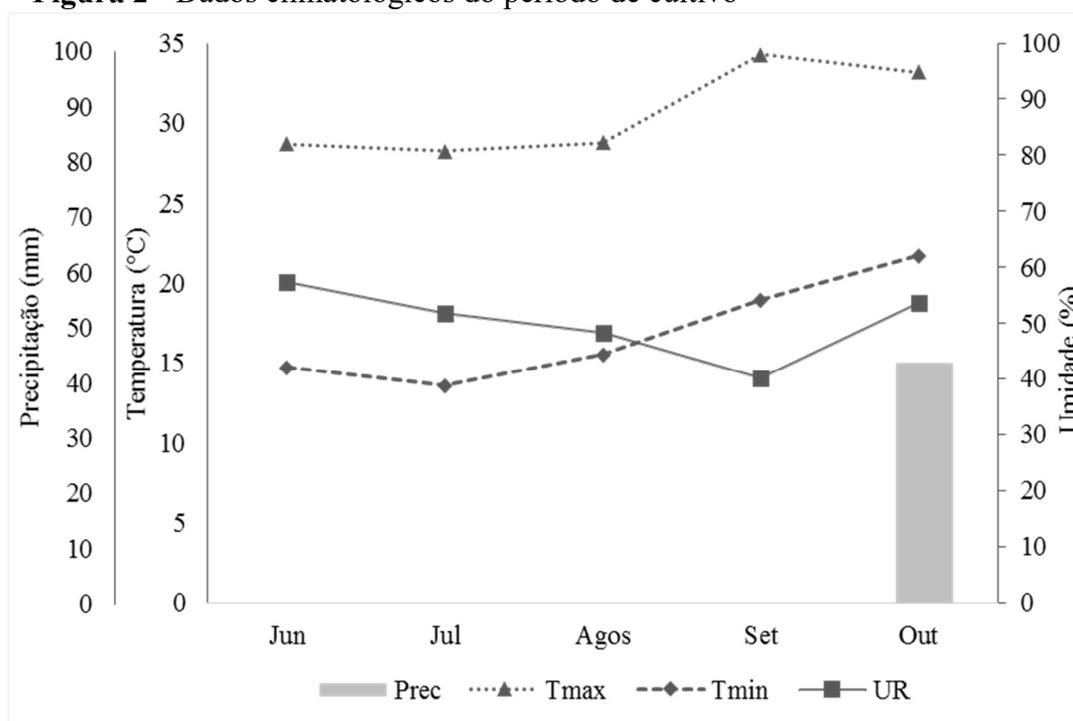
**Figura 1** - Área experimental



Fonte: Google Earth (2021)

O clima da região é classificado como Aw, megatérmico, com inverno seco e verão chuvoso (Alvares et al., 2013). A temperatura média da região no ano de 2021 foi 24,1°C e a precipitação média mensal no ano de 2021 foi de 109,6 mm (INMET, 2021), (FIGURA 2).

**Figura 2** - Dados climatológicos do período de cultivo



Fonte: INMET (2021)

A figura 2 apresenta os dados climatológicos referentes a precipitação, umidade relativa, temperatura mínima e máxima correspondente ao período de cultivo do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.), dados de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021). Sendo os valores de precipitação do mês de outubro correspondente até o dia 14, no qual foi realizado a colheita.

#### 4.2 – Caracterização de solo e lodo de esgoto compostado

Amostras de solo foram coletadas na profundidade 0-20 cm, antes da implantação do experimento para caracterização física e química. Sendo o mesmo classificado como Cambissolo Háplico de textura média (Santos *et al.*, 2018). Onde os atributos químicos e físicos do solo foram apresentados conforme as tabelas 2 e 3. Não foi necessário realizar um processo de calagem, devido o Al do solo não apresentar nível tóxico e o pH estava no nível ideal para a cultura, que é de 6,0 a 7,0 (DE PAULA QUEIROGA *et al.*, 2021). A análise foi realizada de acordo com o PROFERT-MG (Programa de qualidade do laboratório - fertilidade), pelos métodos: Fósforo disponível – Método *Mehlich* 1 e colorimetria; Fósforo remanescente – Método do P em solução de equilíbrio e colorimetria; Potássio disponível – Método *Mehlich* e fotometria de chama. Textura (granulometria) – Método da pipeta.

Na tabela 4 é apresentado a caracterização do lodo de esgoto compostado.



O preparo do solo ocorreu de forma convencional por meio de aração e gradagem, vinte dias antes da semeadura (FIGURA 3). Foram demarcadas parcelas com dimensões de 2 x 1 metro com espaçamento entre linhas de 0,50 m, sendo a área útil da parcela as duas linhas centrais (1 m<sup>2</sup>). Sendo a cultivar escolhida a BRS ‘Aleppo’, que possui crescimento semiereto, adaptável ao semiárido mineiro e com grãos tipo Kabuli (NASCIMENTO et al., 2014). A semeadura ocorreu de forma manual no sulco de plantio com três sementes a cada 0,10 m e o desbaste com 15 dias após emergência das plantas deixando 10 plantas por metro linear, totalizando 200.000 plantas ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3** - Vista do local onde foi conduzido o experimento.



Fonte: Arquivo próprio

#### 4.4 – Adubação e manejo

Para a inoculação das sementes empregou-se o mix comercial de bactérias *Bacillus subtilis* spp e *Bacillus megaterim* spp. contendo  $4 \times 10^9$  células viáveis/ml, na dosagem de 5,09 ml kg<sup>-1</sup> que foi adicionado as sementes e misturado de forma manual.

A adubação de plantio foi realizada no sulco, ao lado e abaixo das sementes utilizando-se 20 kg ha<sup>-1</sup> de N e 20 kg ha<sup>-1</sup> de K na forma de ureia e cloreto de potássio respectivamente em todas as parcelas. E 150 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (SS) (18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ou lodo de esgoto compostado de acordo com o tratamento. Para fins da adubação com lodo de esgoto compostado foi considerado sua concentração de fósforo (Tabela 4). Houve o parcelamento da adubação de cobertura com ureia, sendo aplicado 50 e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aos 25 e 35 dias após a emergência das plantas (DAE) respectivamente. Aos 28 DAE aplicou-se 80 g ha<sup>-1</sup> de Molibdênio via foliar, na forma de molibdato de amônio.

As plantas foram irrigadas por micro aspersão de acordo com as necessidades da cultura, e o controle das plantas daninhas com o uso de enxadas, conforme a necessidade vista em campo.

Realizou-se duas aplicações de forma manual de inseticida Pirate® para o controle da lagarta das vagens (*Helicoverpa* spp), seguindo as orientações do fabricante (FIGURA 4).

**Figura 4** - Vista da lagarta das vagens (*Helicoverpa* spp).



Fonte: Verônica Aparecida

#### 4.5 - Coleta e preparo das amostras

Aos 124 DAE foi realizado a colheita de 10 plantas escolhidas ao acaso, em cada área útil das parcelas experimentais foram determinadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP) (cm) - comprimento da base do nível do solo até a ponta da planta na maturidade; massa seca total (MST) – soma das massas seca das raízes, caule e folhas; produtividade (Prod) em  $t\ ha^{-1}$  - o rendimento de sementes obtido de cada parcela colhida foi convertido para obter o rendimento de sementes por hectare.

As amostras foram colocadas em um saco de papel, onde posteriormente levadas para estufa de ventilação forçada (FIGURA 5) permanecendo durante 72 horas em temperatura de  $65^{\circ}C$ , para fins de cálculos de MST e produtividade.

**Figura 5** - Estufa de ventilação forçada



Fonte: Arquivo próprio

#### 4.6 - Análise estatística dos dados

Foi testada a normalidade (teste de Shapiro Wilk) e homogeneidade de variância (teste de Bartlett) dos dados no programa RStudio. O programa RStudio foi utilizado para análise de variância, com nível de significância a 5% e para a comparação das médias utilizou-se o teste de Scott- Knott, a 5% de probabilidade.

#### 5. Resultados e discussão

Analisando o efeito do uso e não uso de *Bacillus spp.* (B), quatro tipos de adubação (TA) e a interação entre ambas (B x TA) sobre o rendimento e seus componentes são mostradas no resumo da análise de variância presentes na Tabela 5.

Avaliando as interações B x TA houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para as variáveis altura da planta (GRÁFICO 1) e massa seca total (GRÁFICO 2). Para a variável produtividade não houve interação significativa. Observa-se apenas efeito dos fatores isolados (GRÁFICO 3).

**Tabela 5** – Resumo da análise de variância para altura da planta (AP), massa seca total (MST) e produtividade (Prod.).

FV	GL	QM		
		AP	MST	Prod.
Bloco	3	1.1431 <sup>ns</sup>	4.0606*	3.6117*
B	1	0.4296 <sup>ns</sup>	0.2034 <sup>ns</sup>	2.1279 <sup>ns</sup>
TA	3	1.8641 <sup>ns</sup>	2.8170 <sup>ns</sup>	3.9331*
B x TA	3	6.6883*	3.9962*	2.1383 <sup>ns</sup>
Erro	21			
Media Geral		100,415	5,586	1,677
CV%		5,13	24	37,35

B – *Bacillus spp.*; TA – Tipos de adubações; QM – Quadrado médio; FV – Fatores de variação; GL – grau de liberdade; C.V.: Coeficiente de variação; <sup>ns</sup> Não significativo; \*Valor significativo no teste F a 5% de probabilidade.

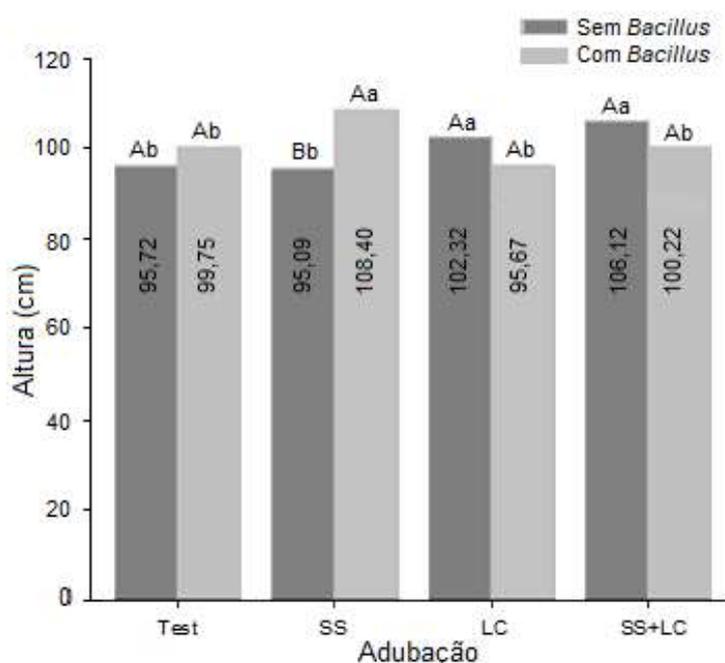
#### 5.1 - Altura

Houve interação entre o mix de *Bacillus spp.* com os diferentes tipos de adubações ( $p \leq 0,05$ ). Ao estudar a relação entre a interação, verificou-se que quando foi usado o *Bacillus spp.* na inoculação das sementes apresentou maior média e diferença estatística de quando comparado com o não uso do *Bacillus spp.*, a inoculação incrementou cerca de 12,27%, isso

para a adubação feita com SS. Para os demais médias não houve diferença estatisticamente para o uso de mix nos tipos de adução, na variável altura da planta (GRÁFICO 1).

A influência positiva da inoculação do mix de *Bacillus spp* na adubação feita com SS (GRÁFICO 1) na altura da planta pode estar relacionada a ação efetiva do mix no processo de solubilização do fósforo inserido no solo pela adubação feita com SS e o retido no solo, conforme Paiva *et al* (2020). Resultado divergindo apenas para adubação feita com SS, conforme estudo feito por Junior *et al.*, (2022) e Sousa (2008) ao analisar o uso de *Bacillus subtilis* na cultura da soja notaram que não houve variação significativa na variável altura da planta.

**Gráfico 1** - Caracterização da interação do crescimento de plantas do grão de bico no uso de *Bacillus spp* e adubações.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para *Bacillus spp* e letra minúscula para tipo de adubação não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Ao analisar a interação dos diferentes tipos de adubações com o não uso mix de *Bacillus spp*, notou-se que, as adubações feitas com SS+LC e LC foram considerada estatisticamente iguais entre si, apresentaram médias superiores à Test e SS e obteve incremento médio de 8,13% em relação ao tratamento Test. Para o efeito das adubações com o uso dos *Bacillus spp*. demonstrou que a adubação com SS apresentou maior média, foi considerada deferente estatisticamente das demais adubações e proporcional um aumento de 7,98% em comparação com o tratamento Test., em relação a variável altura das plantas (GRÁFICO 1).

A influência positiva dos fatores fontes de fósforo (GRÁFICO 1) na altura das plantas para as adubações com LC e SS+LC inoculados podem ser atribuídos ao aumento da atividade

biológica do solo e disponibilidade de nutrientes, contribuindo para aumento na qualidade química, física e biológica do solo, conforme descrito por Nascimento *et al.* (2014).

Na figura 6 a adubação feita com SS apresentou maior crescimento, esse acontecimento pode ser atribuído ação do mix de *Bacillus spp.* Segundo Taiz *et al.* (2004), os órgãos vegetais de uma planta são modificando morfológicamente pela inoculação de bactérias bioestimulante fazendo com que a planta promova ou inibe o seu crescimento.

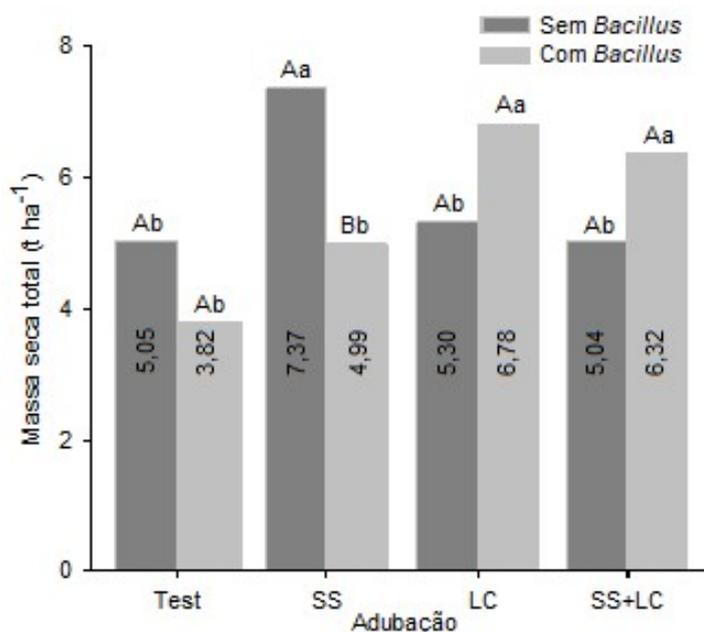
## 5.2 – Massa seca total

Houve interação entre o mix de *Bacillus spp.* com os diferentes tipos de adubações ( $p \leq 0,05$ ). Estudando o efeito da interação, constatou-se que na adubação com SS, o tratamento onde as sementes não foram inoculadas obteve maior média, houve uma diferença de 32,27% da quantidade de MST e apresentou diferença estatisticamente de quando comparado com o uso do *Bacillus spp.* Para as demais médias não apresentaram diferença significativa para o uso de mix nos tipos de adução, na variável massa seca total (GRÁFICO 2). Esta interação negativa pode estar relacionada a presença de outras bactérias de vida livre presentes no solo onde foi conduzido o experimento. De acordo com Elkoca *et al.* (2010), as bactérias nativas de vida livre podem competir com a planta devido serem capazes de realizar fotossíntese e também com as bactérias inoculadas por fontes de nutrientes do solo.

Este resultado também foi observado por Almeida Neta (2021), observou menor produção de biomassa de plantas inoculadas com *Bacillus spp.* em comparação aos tratamentos que não receberam inoculação. Onde tal resultado também foi atribuído a ineficiência das bactérias em formar simbiose com a planta e também pela presença de bactérias de vida livre nativos na área com histórico de plantio com grão-de-bico sem inoculação.

Ao avaliar a interação dos diferentes tipos de aduções com o mix de *Bacillus spp.*, observou-se que nas adubações onde as sementes não foram inoculadas, a adubação feita com SS apresentou maior média diferindo estatisticamente dos demais tipos de adubações, onde obteve um aumento em sua matéria seca total em comparação com o tratamento testemunha de 31,56%. As médias das adubações feitas com LC, SS+LC e Test não apresentaram diferença significativas entre si em relação a variável massa seca total. Em decorrência das adubações e uso dos *Bacillus spp.*, mostrou-se que a adubação feita com LC e SS+LC não apresentam diferença estatística entre si, apresentou um incremento médio de 41,61% em relação ao Test., e que foram consideradas diferentes estatisticamente das demais adubações em relação a variável massa seca total (GRÁFICO 2).

**Gráfico 2** - Caracterização da interação da massa seca total no uso de *Bacillus* spp e adubações.



Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para *Bacillus spp* e letra minúscula para tipo de adubação não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

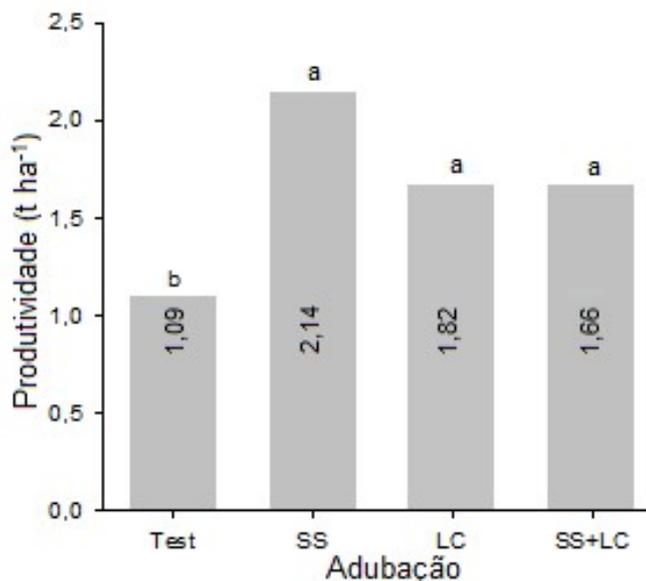
Os dados apresentados no Gráfico 2, a adubação feita com SS mostrou maior produção de MST. Segundo Bedin *et al.* (2003), o fósforo promove aumento na produção de biomassa, onde o aumento no fator capacidade de P do solo contribui para uma maior eficiência de utilização do nutriente.

No presente estudo a presença de *Bacillus spp.* aumentou a produção de MST associado as adubações com LC e SS+LC inoculado (GRÁFICO 2). De acordo Wong *et al.* (2015) e Paiva *et al.* (2020), as bactérias solubilizadoras de fósforo ao produzir diferentes ácidos orgânicos que agem juntamente com a ação do solo e raízes das plantas no processo de solubilização e absorção dos nutrientes pelas plantas e consequentemente interferindo no crescimento da parte aérea e produção de massa seca. Nesse contexto, a presença de adubação fosfatada e compostos orgânicos proveniente do LC e SS favoreceram o desenvolvimento dos *Bacillus spp.*, estimulando o crescimento e produção de biomassa do grão-de-bico.

### 5.3 – Produtividade

Não houve interação entre a inoculação com o mix de *Bacillus spp.* e tipos de adubações ( $p > 0,05$ ) para a característica produtividade. Para os tipos de adubações, as adubações feitas com SS, LC e SS+LC não apresentaram diferença estatisticamente entre si, apresentou e diferiram estatisticamente do tratamento Test (Figura 8).

**Gráfico 3** - Caracterização da produtividade em relação ao do tipo de adubação



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

A inexistência do efeito da inoculação com o mix de *Bacillus spp.* (TABELA 5), pode estar ligado a presença de microorganismos naturais presentes no solo, onde pode competir com as plantas e bactérias inoculadoras por fontes de carbono no solo reduzindo assim o efeito da inoculação (ELKOCA *et al.*, 2010). Diverge de Araújo *et al.* (1999), onde relatam que a utilização por meio de inoculação de bactérias do gênero *Bacillus sp.* em soja, houve aumento na produtividade de grãos.

Conforme exposto no Gráfico 3, o uso das diferentes fontes de inserção do fósforo no solo para a aumento da produtividade do grão-de-bico apresentou resultados positivos. Onde obteve incremento médio de 41,14% em comparação ao tratamento testemunha, assim evidenciando a necessidade do uso deste macronutriente na sua cultura.

Em estudo realizado por Fonseca *et al.* (2020), foi observado um aumento cerca de 34% na produtividade. Pegoraro *et al.* (2018) ao aplicar 200 kg ha<sup>-1</sup> de SS obtiveram uma produtividade de 2,83 t ha<sup>-1</sup> de grão-de-bico.

## 6 - Conclusão

A utilização do mix de *Bacillus subtilis* e *B. megaterium* não influenciaram no aumento da produtividade do grão-de-bico.

Apesar do uso do mix de *Bacillus spp* ter apresentado diferença estatisticamente para algumas características avaliadas, o mesmo não influenciou na produtividade do grão de bico.

Sendo assim, analisando a influência na produtividade o uso do mix poderá não surgir efeito significativo.

Pensando na viabilidade econômica e onde o lodo de esgoto compostado compostado obtivesse uma produtividade estatisticamente igual ao do superfosfato simples de foi usado, o lodo de esgoto compostado apresenta grande potencial para o uso como fertilizante fosfatado.

## Referências

ALMEIDA NETA, M. N.; ALMEIDA, E. S.; COSTA, C. A.; NUNES, J. A. R.; FERNANDES, L. A.; PEGORARO, R. F. Inoculation of *Bacillus* spp. and nitrogen levels increase chickpea production. *Agricultural Sciences*, v. 45:e 015421. 2021.

ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22(6):711-728, 2013.

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

Araújo, F. F., Hungria, M. Nodulação e rendimento de soja co-infectada com *Bacillus subtilis* e *Bradyrhizobium japonicum* / *Bradyrhizobium elkanii*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 34(9), 1633-1643, 1999.

ARTIAGA, O. P. Avaliação de genótipos de grãos de bico no Cerrado do Planalto Central Brasileiro. 2012. 92f. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2012.

AVANCINI, S. R. P., SALES, A. M., AGUIRRE, J. M. D., MANTOVANI, D. M.. Composição química e valor nutricional de cultivares de grão-de-bico produzidos no Estado de São Paulo. *Colet. Inst. Tecnol. Alimentos*, p. 145-53, 1992.

BAHADIR, P. S.; LIAQAT, F.; ELTEM, R. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. *Turkish Journal of Botany*, v. 42, n. 2, p. 183-196, 2018.

BATAGLIA, O. C. et al. *Methods of Chemical analysis of plants*. Campinas: Instituto agrônomo, 1983, 48p.

BATISTA, L. F. Lodos gerados nas estações de tratamento de esgotos no Distrito Federal: um estudo de sua aptidão para o condicionamento, utilização e disposição final. 2015.

BEDIN, I., FURTINI NETO, A. E., RESENDE, A. V., FAQUIN, V., TOKURA, A. M., e SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 27, 639-646. 2003.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.

BETTIOL, Wagner; DE CAMARGO, Otávio Antonio. A disposição de lodo de esgoto em solo agrícola. 2006.

BEZERRA, F. B.; OLIVEIRA, M. A. C. L. D.; PEREZ, D. V.; ANDRADE, A. G. D.; MENEGUELLI, N. D. A. Lodo de esgoto em revegetação de área degradada. Pesquisa agropecuária brasileira, 41, 469-476, 2006.

BRAGA, N. R., VIEIRA, R. F., RAMOS, J. A. O. A cultura do grão-de-bico. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.16, n.174, p.47-52, 1992.

BRASIL. Portaria SPPA/MAPA nº 535, de 6 de dezembro de 2021. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do grão-de-bico, em sistema de cultivo de sequeiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, v. 231, n. 231, p. 106. 6 dez. 2021. Seção 1.

BRASIL. Resolução nº 498, de 19 de agosto de 2020. Define critérios e procedimentos para produção e aplicação de biossólido em solos, e da outras providências. DOU: 21/08/2020, Seção 1. P.265, 2020.

BRASIL. Instrução normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. DOU: 17/07/2020, Seção 1. P.5, 2020.

CARDOSO, P. H. S.; GONÇALVES, P. W. B.; ALVES, G. O.; PEGORARO, R. F.; SAMPAIO, R. A. Production of organic fertilizer based on sewage sludge cultivated with grass under an aeration system. Revista Ceres, Viçosa, v.68, n.5, p.471-483, 2021.

CORRÊA, M. P. Dicionário das Plantas Úteis do Brasil. Imprensa nacional. Rio de Janeiro, v.6, 1984.

COSTA, L. C., TAVANTI, R. F. R., TAVANTI, T. R., e PEREIRA, C. S.. Desenvolvimento de cultivares de soja após inoculação de estirpes de *Bacillus subtilis*. Nativa, v. 7, n. 2, p. 126-132, 2019.

CRUZ, C. V. Produção e eficiência agrônômica de composto orgânico bioestabilizado enriquecido com fósforo a partir de lodo de esgoto. 2019.

DE PAULA QUEIROGA, V.; GIRÃO, Ê. G.; DE ALBUQUERQUE, E. M. B.. Grão de bico (*Cicer arietinum* L.) Tecnologias de plantio e utilização, 2021.

ELKOCA, E.; TURAN, M.; DONMEZ, M. F. Effects of single, dual and triple inoculations with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* bv. Phaseoli on

nodulation, nutrient uptake, yield and yield parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'elkoca-05'). *Journal of plant nutrition*.3314: 2104-2119, 2010.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Produção vegetal. Nutritivas e sustentáveis, leguminosas de grãos secos são destaque em 2016. Embrapa, 2016.

FARDEAU, JC Dinâmica do fósforo em solos: uma perspectiva isotópica. *Fertility Research*, v.45, p.91-100, 1996

FARIA, W. M.; FIGUEIREDO, C. C. de; COSER, T. R.; VALE, A. T.; SCHNEIDER, B. G. Is sewage sludge biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from a two-year field experiment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, v. 64, n. 4, p. 505–519, 2018.

FERREIRA, A. C. P.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. *Food Science and Technology*, v. 26, p. 80-88, 2006.

FONSECA, J. H. S.; ALMEIDA NETA, M. N.; PEGORARO, R. F.; ALMEIDA, G. F.; COSTA, C. A.; ALMEIDA, E. S. Chickpea production in response to fertilization with zinc and doses of phosphorus. *Comunicata Scientiae*, v. 11. E3106. 2020.

GODOY, L.C. A logística na destinação do lodo de esgoto. *Revista Científica On-line Tecnologia, Gestão, Humanismo*, v. 2, n. 1, 2013.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2021.

GRANT, C.A.; PLATEN, D.N.; TOMAZIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. *Informações Agrônomicas*, Piracicaba, n.95, 2001.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. Dados meteorológicos de estações automáticas. Disponível em:< <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A506>>. Acesso em: 02, nov, 2021.

JUNIO, G.R.Z.; SAMPAIO, R.A.; NASCIMENTO, A.L.; SANTOS, G.B.; SANTOS, L.D.T.; FERNANDES, L.A. Produtividade de milho adubado com composto de lodo de esgoto e fósforo natural de Gafsa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 17, n. 7, p. 706-712, 2013.

JUNIOR, A. F. C., JUNIOR, G. M. B. J. B., LIMA, C. A. L., MARTINS, A. L. L. M., SOUZA, M. C. S., e CHAGAS, L. F. B. C.. *Bacillus subtilis* como inoculante promotor de crescimento vegetal em soja. *Diversitas Journal*, v. 7, n. 1, p. 0001-0016, 2022.

MACÊDO, A. G.. Dinâmica populacional de *Heterodera glycines* raça 5 e *Pratylenchus brachyurus* em cultivo rotacionado com o grão-de-bico/soja/grão-de-bico. 2020.

MACHADO, C. T. de T.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; MACHAD, A.L. Variabilidade entre genótipos de milho para eficiência no uso de fósforo. *Bragantia*, v. 58, n. 1, p. 109-124, 1999.

MALAVOLTA, E. *Abc da adubação*. Agronômica Ceres. 304p.São Paulo: 1989.

MANARA, W.; RIBEIRO, N. D. Grão-de-bico. *Ciência Rural*, v. 22, p. 359-365, 1992.

MELO, W.J.; MARQUES, M.O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p.109-141, 2000.

NASCIMENTO, W. M. et al. BRS Aleppo: grão-de-bico, maior tolerância a fungos de solo. Brasília; Anápolis: Embrapa Hortaliças, Boletim Técnico, 4p, 2014.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, P. P.; ARTIAGA, O. P.; SUINAGA, F. A.. Grão-de-bico. Hortaliças Leguminosas. Brasília, DF. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa 89-118p. 2016.

NASCIMENTO, W. M.. Hortaliças Leguminosas. Grão-de-bico. Ed. NASCIMENTO, WMN, Brasília–EMBRAPA, 232p, 2016.

NAVAS, A.; MACHÍN, J.; NAVAS, B. Use of biossolids to restore the natural vegetation cover on degraded soils in the badlands of Zaragoza (NE Sppain). *Bioresource Technology*, v. 69, p. 199-205, 1999.

NETA, M. N. A., ALMEIDA, E. S. D., COSTA, C. A. D., NUNES, J. A. D. R., FERNANDES, L. A., e PEGORARO, R. F. Inoculação com *Bacillus* spp. e doses de nitrogênio aumentam a produção de grão-de-bico. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 45, 2021.

NOVAIS, FR; SMYTH, TJ Fosforo em solo e planta em condições tropicais Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F. de; ALVAREZ, V.V.H., BARROS N.F., FONTES R.L.F., CANTARUTTI, R.B., NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B e NEVES, J.C.L. (Ed.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG: SBCS, 2007.

PAGLIARI P. H.; LABOSKI, C. A. M. Investigation of the inorganic and organic phosphorus forms in animal manure. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.41, p.901-910, 2012.

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

PEGORARO, R. F. et al. Chickpea production and soil Chemical attributes after phosphorus and molybdenum fertilization. *Ciência e Agrotecnologia*, 42(5): 474-483, 2018.

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação Piracicaba: Ceres; Potafos. p-343. 1991.

RAIJ, B. van; ROSAND, P.C.; LOBATO, E. Adubação fosfatada no Brasil - apreciação geral, conclusões e recomendações. Adubação fosfatada no Brasil. Brasília, EMBRAPA, p.9- 28. (Documentos, 21). 1982.

REZENDE, C. C.; FRASCA, L. D. M.; SILVA, M. A.; PIRES, R. A. C.; LANNA, A. C.; FILIPPI, M. C. C.; NASCENTE, A. S. Physiological and agronomic characteristics of the common bean as affected by multifunctional microorganisms. *Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 2021.

RODRÍGUEZ, C. F.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, v.17, p.319-339, 1999.

SAMPAIO, A. Afinal, queremos ou não viabilizar o uso agrícola do lodo produzido em estações de esgoto sanitário? Uma avaliação crítica da Resolução CONAMA 375. *Revista DAE*, n. 193, p. 16-27, 2013.

SANTOS, H. M.. Uso de Bactérias Solubilizadoras de Fosfatos na Cultura da Soja. 2021.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K.T.; ANJOS, L. H. C.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M. R.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF: Embrapa. 2018.

SCHUMAN, L. M. Mineral Nutrition. In: WILKINSON, R. E. (Ed). *Plant environment interactions*, p. 149-182. New York: M. Dekker, 1994.

SCHWANITZ, F. The origin of cultivated plants. Harvard University Press, Massachusetts, p. 175, 1966.

SILVA, J. E.; RESCK, D.V.S.; SHARMA, R.D. Alternativa agrônômica para o biossólido: a experiência de Brasília. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. p.143-152. 2000.

SOUZA, C. M. de A.; CARVALHO, C. J. R.; VASCONCELOS, S. S.; SERRÃO, B. O.; Crescimento de leguminosas submetidas a diferentes níveis de adubação com fosfato de rocha. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 50(1), 77-94. (2008).

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. UNICAMP. 4ª edição revisada e ampliada Campinas – SP 2011.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Auxina: o hormônio de crescimento. In: Fisiologia Vegetal. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. cap. 19, p. 449-484. 2004.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 188p. 1995.

TIBAU, A.C. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 3. ed. São Paulo: Editora Nobel. 220p,1984.

VALLE, Raúl René Meléndez; DOS SANTOS, Katia Curvelo Bisppo; DA SILVA, Joelson Virginio Orrico. Mecanismos de resistência em plantas contra-ataque de patógenos: indução de resistência. Cacau: cultivo, pesquisa e inovação, p. 85, 2018.

VAN DER MAESEN, L. J. G. Origin, history and taxonomy of chickpea. In The chickpea, p. 11-34, 1987.

VIEIRA, R. F.; RESENDE, M. A. V.; CASTRO, M. C. S. Comportamento de cultivares de grão de bico na Zona da Mata e Norte de Minas Gerais. Horticultura Brasileira, Brasília, v.17, n.2, p. 166-170, 1999.

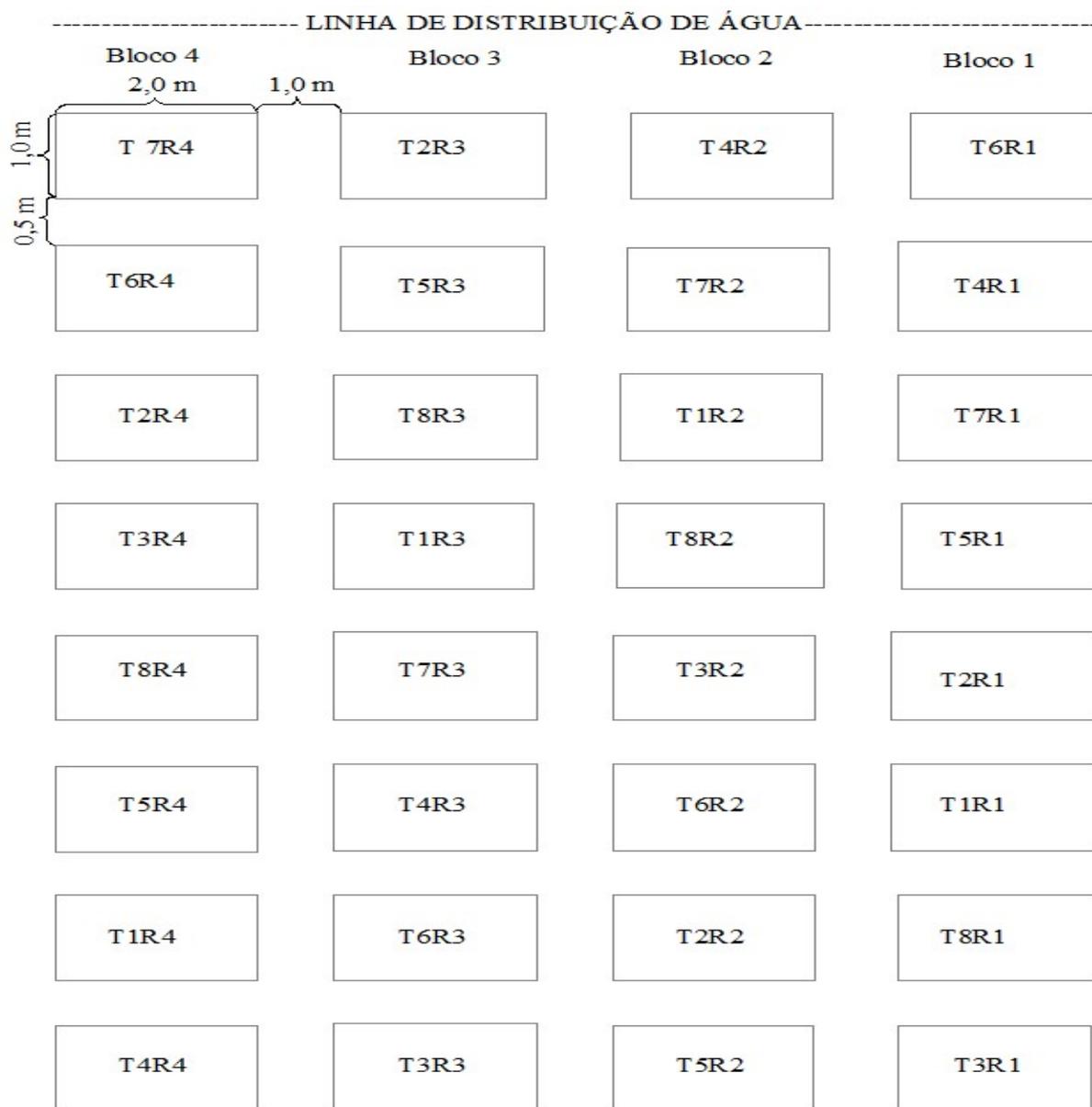
VOSS, M.; PARRA, M. S.; CAMPOS, A. D. Rendimento de feijão e de grão-de-bico em função de fosfato solúvel aplicado em covas ou na linha de semeadura. Revista brasileira de ciência do solo, v. 22, p. 163-168, 1998.

WONG, W. S.; TAN, S. N.; GE, L.; CHEN, X.; YONG, J. W. H.. The Importance of Phytohormones and Microbes in Biofertilizers. In: Bacterial Metabolites in Sustainable Agroecosystem. Sustainable Development and Biodiversity. [s.l.] Springer, Cham, p. 105–158. . 2015.

ZONG, Y.; WANG, Y.; SHENG, Y.; WU, C.; LU, S. Ameliorating soil acidity and physical properties of two contrasting texture Ultisols with wastewater sludge biochar. Environmental Science and Pollution Research, v. 25, n. 26, p. 25726–25733, 2018.

## ANEXO I

### Disposição do experimento em campo



#### Tratamentos:

**T1** - sem *Bacillus* e sem adubação fosfatada

**T2** - sem *Bacillus* e com adubação fosfatada mineral (SS)

**T3** - sem *Bacillus* e com adubação fosfatada com lodo de esgoto

**T4** - sem *Bacillus* e com adubação fosfatada mineral (50%) + fosfato do lodo (50%)

**T5** - com *Bacillus* e sem adubação fosfatada

**T6** - com *Bacillus* e com adubação fosfatada mineral (SS)

**T7** - com *Bacillus* e com adubação fosfatada com lodo de esgoto

**T8** - com *Bacillus* e com adubação fosfatada mineral (50%) + fosfato do lodo (50%)