

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” FACULDADE  
DE CIÊNCIAS E ENGENHARIA**  
Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento

**WILLIAN APARECIDO LEOTI ZANETTI**

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus aryabhattai* NO MICRO-  
TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* cv micro-tom) SUBMETIDO À  
DÉFICIT HÍDRICO.**

**TUPÃ  
2024**

**WILLIAN APARECIDO LEOTI ZANETTI**

**INOCULAÇÃO DE *Bacillus aryabhattai* NO MICRO-TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) SUBMETIDO À DÉFICIT HÍDRICO.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Tupã, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Agronegócio e Desenvolvimento.

**Área de concentração:** Agronegócio e Desenvolvimento

**Linha de pesquisa:** Desenvolvimento e Meio Ambiente

**Orientador:** Prof. Dr. Mario Mollo Neto

**Coorientadores:** Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti; Prof. Dr. Raúl Andres Martinez Uribe

**TUPÃ  
2024**

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

Z28i      Zanetti, Willian Aparecido Leoti.  
Inoculação de *Bacillus aryabhattai* no micro-tomateiro  
(*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) submetido à déficit  
hídrico / Willian Aparecido Leoti Zanetti. – Tupã: [s.n.], 2024.  
112 f. : il.

Tese (Doutorado em Agronegócio e Desenvolvimento) –  
Universidade Estadual Paulista UNESP – Faculdade de  
Ciências e Engenharia, 2024.

Orientador: Mario Mollo Neto  
Coorientador: Fernando Ferrari Putti  
Coorientador: Raul Andres Martinez Uribe

1. Bioinsumos. 2. Irrigação. 3. Microorganismo. 4. Seca. 5.  
Solos. I. Título. II. Autor.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202. Essa ficha não pode ser modificada.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Inoculação de *Bacillus aryabhattai* no Micro-Tomateiro (*Lycopersicon esculentum* CV MICRO-TOM) submetido à déficit hídrico.

**AUTOR: WILLIAN APARECIDO LEOTI ZANETTI**

**ORIENTADOR: MARIO MOLLO NETO**

**COORIENTADOR: FERNANDO FERRARI PUTTI**

**COORIENTADOR: RAUL ANDRES MARTINEZ URIBE**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. RAUL ANDRES MARTINEZ URIBE (Participação Virtual)  
Engenharia de Biosistemas / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP

Documento assinado digitalmente  
 **RAUL ANDRES MARTINEZ URIBE**  
Data: 30/01/2024 17:17:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA (Participação Virtual)  
Curso de Graduação em Engenharia Agrícola / Universidade Federal do Ceará

Documento assinado digitalmente  
 **ALEXSANDRO OLIVEIRA DA SILVA**  
Data: 30/01/2024 17:35:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. ISABÔ MELINA PASCOALOTO (Participação Virtual)  
Curso de Graduação em Agronomia / Universidade de Marília - UNIMAR - Marília/SP

Documento assinado digitalmente  
 **ISABO MELINA PASCOALOTO**  
Data: 08/02/2024 17:21:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. LIGIANE APARECIDA FLORENTINO (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências Agrárias / Universidade José do Rosário Vellano - UNIFE

Documento assinado digitalmente  
 **LIGIANE APARECIDA FLORENTINO**  
Data: 08/02/2024 11:24:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisadora Dra. BRUNA ARRUDA (Participação Virtual)  
Pesquisadora Pós-Doutorado / Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE - UNESP - Tupã/SP

Documento assinado digitalmente  
 **BRUNA ARRUDA**  
Data: 30/01/2024 17:40:10-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Tupã, 16 de janeiro de 2024

Dedico a toda minha família, em especial aos meus queridos pais, Rosemeire e  
Evandro.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela presença e fortalecimento para vencer os obstáculos presentes nesta caminhada, que mesmo em meio a tantos momentos de desafios, me agraciou com fé para tornar esses momentos mais compreensíveis.

Agradeço aos meus familiares, por todo o carinho e apoio necessário. Em especial aos meus pais que sempre me deram força e esperança para encarar os desafios.

À minha namorada Vanessa e toda a sua família, que sempre souberam me ouvir e apoiaram em todos os momentos.

Ao meu orientador Prof. Dr Mario Mollo Neto, que me acolheu como orientando e me trouxe muito aprendizado e conhecimento, agradeço a confiança, além de todas as palavras de incentivo.

Agradeço ao meu coorientador Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti, por se fazer mais que um coorientador, um amigo que sempre esteve ao meu lado dialogando e buscando soluções para todos os desafios. Obrigado pelos ensinamentos, correções e oportunidades.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em especial à Faculdade de Ciências e Engenharia, campus de Tupã, por proporcionar um ambiente importante de formação, aprendizado e de novas oportunidades desde a graduação e agora no doutorado.

Aos Docentes do Programa de Pós-graduação em Agronegócio e Desenvolvimento, pelo comprometimento e dedicação em compartilhar conhecimentos.

Deixo o meu agradecimento a todo o departamento de Engenharia de Biossistemas pelas oportunidades e que puderam agregar tanto como profissional como também pessoal. Assim como todos os servidores da unidade Unesp Tupã.

Aos assistentes de suporte acadêmico Bruno, Rangel e Yasmin, pelas contribuições e auxílio na condução e realização de análises do experimento.

A toda equipe do grupo BIOAGRO, pela amizade, atenção e ajuda na condução do experimento. Em especial a Ana, Gustavo e Julia.

A Proteto Indústria e Comércio Tupã pela parceria durante a realização do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código de Financiamento 001, pela bolsa de doutorado concedida.

Agradeço o apoio financeiro ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) durante a condução da pesquisa.

Assim como demais amigos que contribuíram diretamente ou indiretamente, meus sinceros agradecimentos.

Pois todo o que nasceu de  
Deus vence o mundo. E esta é  
a vitória que venceu o mundo: a  
nossa fé.

João 5-4

ZANETTI, Willian Aparecido Leoti Zanetti. **Inoculação de *Bacillus aryabhattai* no MICRO-TOMATEIRO (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) submetido à déficit hídrico** – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2024

## RESUMO

Os bioinsumos são compostos provenientes de microrganismos, material vegetal, orgânico ou natural, empregados na agricultura com o intuito de combater pragas e doenças, melhorar a fertilidade nutricional do solo, aumentar a disponibilidade de nutrientes, e recentemente o potencial para atenuar os efeitos do estresse hídrico nas plantas. Neste contexto, este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito da inoculação do *Bacillus aryabhattai* no micro-tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) submetido ao déficit hídrico. O trabalho foi realizado em casa de vegetação na Faculdade de Ciências e Engenharia - FCE, Campus de Tupã, São Paulo. O experimento avaliou a tolerância da planta ao déficit hídrico em solos de textura argilosa e arenosa, com e sem a inoculação do *Bacillus aryabhattai* e sob capacidades de água disponível (40-50%; 60-70%; 80-90%). Foram avaliadas variáveis fisiológicas, bioquímicas, biométricas e de qualidade do fruto. Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativos comparados pelo teste de média de Tukey, ao nível de 5%. Inferindo em resultados importantes para o emprego deste bioinsumo, uma vez que é possível observar variações de desenvolvimento das plantas inoculadas a partir dos resultados de massa vegetal e raiz, com volumes maiores observados no micro-tomateiro de ambos os solos. Como a produção de frutos 35% maior em solo arenoso. Além de maior absorção de nutrientes pelas plantas em ambos os solos, principalmente de macronutriente, como Nitrogênio. De modo geral, o déficit hídrico interferiu nas variáveis fisiológicas, no entanto resultados da atuação do microrganismo foram evidentes em condições de solo argiloso. Garantindo um importante potencial desta estirpe para aplicações agrícolas e no desenvolvimento de estudos futuros.

**Palavras-chave:** Bioinsumos. Irrigação. Microrganismo. Seca. Solos

ZANETTI, Willian Aparecido Leoti Zanetti. **Inoculation of *Bacillus aryabhattai* in micro-tomato (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) under water stress** - Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Tupã, 2023.

## ABSTRACT

Bio-inputs are compounds from microorganisms, plant material, organic or natural, used in agriculture to combat pests and diseases, improve the nutritional fertility of the soil, increase the availability of nutrients, and recently the potential to mitigate the effects of water stress on plants. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of inoculating *Bacillus aryabhattai* on micro-tomato plants (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) subjected to water deficit. The work was carried out in a greenhouse at the Faculty of Science and Engineering - FCE, Tupã Campus, São Paulo. The experiment evaluated the plant's tolerance to water deficit in clay and sandy soils, with and without *Bacillus aryabhattai* inoculation and under available water capacities (40-50%; 60-70%; 80-90%). Physiological, biochemical, biometric and fruit quality variables were assessed. The data was submitted to analysis of variance and, when significant, compared using Tukey's mean test at 5%. Inferring important results for the use of this bioinput, since it is possible to observe variations in the development of the inoculated plants from the results of plant and root mass, with larger volumes observed in the micro-tomato plant in both soils. Like the 35% higher fruit production in sandy soil. In addition to greater absorption of nutrients by the plants in both soils, especially macronutrients such as nitrogen. In general, the water deficit interfered with the physiological variables, but the results of the microorganism's action were evident in clay soil conditions. This guarantees the important potential of this strain for agricultural applications and the development of future studies.

**Keywords:** Bioinputs. Irrigation. Microorganism. Drought. Soils

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1-</b> Mecanismo de Abertura e fechamento estomático vegetal sob déficit hídrico. ...                                                                                                                                                                 | 27 |
| <b>Figura 2 –</b> Um dos mecanismos de atividade das bactérias para crescimento de plantas (BPCP) com ácido indol-3-acético (AIA), Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e Solubilização de Fosfato Inorgânico (SFI).....                                       | 29 |
| <b>Figura 3 -</b> Síntese de mecanismos de bactérias para atenuar o déficit hídrico. ....                                                                                                                                                                       | 31 |
| <b>Figura 4 –</b> Diâmetro do Fruto (A), comprimento do fruto (B), número de frutos (C e D). ...                                                                                                                                                                | 52 |
| <b>Figura 5 –</b> Sólidos Solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C).....                                                                                                                                                                                       | 53 |
| <b>Figura 6 –</b> Peso massa fresca raiz (A), comprimento raiz (B), peso massa seca raiz (C) e raízes fresca (D).....                                                                                                                                           | 54 |
| <b>Figura 7-</b> Altura do caule (A e B) e diâmetro do caule (C).....                                                                                                                                                                                           | 55 |
| <b>Figura 8 –</b> Fitomassa vegetal da parte aérea (FMVPA – A), índice de área foliar (B), Fitomassa seca da parte aérea (FMSPA – C).....                                                                                                                       | 56 |
| <b>Figura 9 –</b> Nitrogênio (N – A), potássio (K – B e D), fósforo (P – C), cálcio (Ca – E), magnésio (Mg – F). ....                                                                                                                                           | 58 |
| <b>Figura 10 –</b> Enxofre (S - A), cobre (Cu - B), manganês (Mn – C), zinco (Zn – D), ferro (Fe – E).....                                                                                                                                                      | 60 |
| <b>Figura 11 -</b> Taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A - A), condutância estomática (gs - B), concentração interna de CO <sub>2</sub> na folha (Ci – C e E), taxa de transpiração (E - D).....                                                    | 61 |
| <b>Figura 12 -</b> Eficiência do uso da água (EUA – A e B), eficiência de carboxilação (EC – C). ....                                                                                                                                                           | 62 |
| <b>Figura 13 -</b> Rendimento quântico potencial do fotossistemas II (Fv'/Fm' – A e B), coeficiente de extinção não fotoquímico (qN – C e D), eficiência fotoquímica máxima do fotossistemas II (Fv/Fm - E), coeficiente de extinção fotoquímico (qP - F). .... | 64 |
| <b>Figura 14 -</b> Teores de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - A) e malondialdeído (MDA - B) submetido a diferentes CADs e na presença ou ausência da <i>Bacillus aryabhattai</i> . ....                                                  | 65 |
| <b>Figura 15 –</b> Atividade das enzimas peroxidase (POD – A e B), superóxido dismutase (SOD - C), submetido a diferentes CADs e na presença ou ausência da <i>Bacillus aryabhattai</i> .....                                                                   | 66 |
| <b>Figura 16 -</b> Teores de clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) em plantas de tomate cultivar Micro-Tom com e sem bioinsumo, submetidos às CADs 40, 60 e 80. ....                                                                           | 67 |
| <b>Figura 17 -</b> Diâmetro do Fruto (A), comprimento do fruto (B), número de frutos (C). ....                                                                                                                                                                  | 87 |
| <b>Figura 18 -</b> Sólidos Solúveis (A), acidez titulável (B), pH (C).....                                                                                                                                                                                      | 88 |
| <b>Figura 19 –</b> Peso massa fresca raiz(A), comprimento raiz (B), peso massa seca raiz(C),                                                                                                                                                                    |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| raízes frescas (D). .....                                                                                                                                                                                                                                    | 89  |
| <b>Figura 20</b> - Altura do caule (A) e diâmetro do caule (B). .....                                                                                                                                                                                        | 90  |
| <b>Figura 21</b> - Fitomassa vegetal da parte aérea (FMVPA – A), área foliar (B-D), Fitomassa seca da parte aérea (FMSPA – C). .....                                                                                                                         | 91  |
| <b>Figura 22</b> - Nitrogênio (N – A), potássio (K – B), fósforo (P – C), magnésio (Mg – D- F) e cálcio (Ca – E).....                                                                                                                                        | 93  |
| <b>Figura 23</b> - Enxofre (S - A), ferro (Fe – B). cobre (B - B), manganês (Mn – C), zinco (Zn – D). .....                                                                                                                                                  | 94  |
| <b>Figura 24</b> - Taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A - A), condutância estomática (gs - B), concentração interna de CO <sub>2</sub> na folha (Ci – C) e taxa de transpiração (E- D). .....                                                   | 95  |
| <b>Figura 25</b> - Eficiência do uso da água (EUA – A) e eficiência de carboxilação (EC – B)...                                                                                                                                                              | 96  |
| <b>Figura 26</b> - Rendimento quântico potencial do fotossistemas II (Fv'/Fm' – A), coeficiente de extinção não fotoquímico (qN – C e D), eficiência fotoquímica máxima do fotossistemas II (Fv/Fm - E), coeficiente de extinção fotoquímico (qP - F). ..... | 97  |
| <b>Figura 27</b> - Teores de peróxido de hidrogênio (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> - A) e malondialdeído (MDA - B) submetido a diferentes CADs e na presença ou ausência da <i>Bacillus aryabhattai</i> .....                                                | 98  |
| <b>Figura 28</b> - Atividade das enzimas peroxidase (POD – A) e superóxido dismutase (SOD - B) submetido a diferentes CADs e na presença ou ausência da <i>Bacillus aryabhattai</i> . .....                                                                  | 99  |
| <b>Figura 29</b> - Teores de clorofila a (A), clorofila b (B) e clorofila total (C) em plantas de tomate cultivar Micro-Tom com e sem bioinsumo, submetidos às CADs 40, 60 e 80. ....                                                                        | 100 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Análise textural de solo arenoso, coletados da camada de 0-20 cm. ....                  | 47 |
| <b>Tabela 2</b> - Análise de fertilidade química coletado da camada de 0-20 cm do solo arenoso.<br>.....  | 48 |
| <b>Tabela 3</b> - Análise textural de solo argiloso, coletados da camada de 0-20 cm.....                  | 83 |
| <b>Tabela 4</b> - Análise de fertilidade química coletado da camada de 0-20 cm do solo argiloso.<br>..... | 83 |

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

|                      |                                                      |
|----------------------|------------------------------------------------------|
| <i>A</i>             | - Assimilação líquida do CO <sub>2</sub>             |
| <i>ABA</i>           | - Ácido abscísico                                    |
| <i>AIA</i>           | - Ácido indol-3-acético                              |
| <i>BPCP</i>          | - Bactérias promotoras de crescimento de plantas     |
| <i>C<sub>i</sub></i> | - Concentração interna de CO <sub>2</sub> na folha   |
| <i>C/B</i>           | - Com bactéria                                       |
| <i>E</i>             | - Taxa de transpiração                               |
| <i>EC</i>            | - Eficiência de carboxilação                         |
| <i>ETR</i>           | - Taxa aparente de transporte de elétrons            |
| <i>EUA</i>           | - Eficiência do uso da água                          |
| <i>FBN</i>           | - Fixação Biológica de Nitrogênio                    |
| <i>Fv/Fm</i>         | - Eficiência fotoquímica máxima do fotossistema PSII |
| <i>Fv'/Fm'</i>       | - Rendimento quântico potencial do PSII              |
| <i>g</i>             | - Condutância estomática                             |
| <i>ODS</i>           | - Objetivo do Desenvolvimento Sustentável            |
| <i>qP</i>            | - Coeficiente de extinção fotoquímico                |
| <i>qN</i>            | - Coeficiente não fotoquímico                        |
| <i>S/B</i>           | - Sem bactéria                                       |
| <i>SFI</i>           | - Solubilização de Fosfato Inorgânico                |
| <i>Vpdl</i>          | - Déficit de pressão de vapor                        |
| <i>Tleaf</i>         | - Temperatura da folha                               |
| <i>UFC</i>           | - Unidade de formação de colônias                    |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUÇÃO GERAL .....                                                                                                                                                                                | 17        |
| <b>CAPÍTULO I: BIOINSUMOS NA AGRICULTURA - ALTERNATIVA BIOLÓGICA PARA CONTORNAR OS EFEITOS DO DÉFICIT HÍDRICO.....</b>                                                                                | <b>19</b> |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                                    | 20        |
| 2 DESENVOLVIMENTO .....                                                                                                                                                                               | 22        |
| 2.1 Bioinsumos.....                                                                                                                                                                                   | 22        |
| 2.2 Déficit hídrico.....                                                                                                                                                                              | 25        |
| 2.3 Bactérias promotoras de crescimento de plantas (BPCP) .....                                                                                                                                       | 28        |
| 2.4 Uso de bactérias para atenuar o déficit hídrico .....                                                                                                                                             | 30        |
| 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                                                                                                                                          | 32        |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                                                                                      | 33        |
| <b>CAPÍTULO II: EFEITOS DA INOCULAÇÃO DO <i>Bacillus aryabhattai</i> NO MICRO TOMATEIRO (<i>Lycopersicon esculentum</i> cv <i>micro-tom</i>), SUBMETIDO AO DÉFICIT HÍDRICO EM SOLO ARESONO. ....</b>  | <b>44</b> |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                                    | 45        |
| 2 MATERIAL E MÉTODO .....                                                                                                                                                                             | 47        |
| 2.1 Localização .....                                                                                                                                                                                 | 47        |
| 2.2 Delineamento e condução.....                                                                                                                                                                      | 47        |
| 2.3 Variáveis analisadas .....                                                                                                                                                                        | 49        |
| 2.3.1 Variáveis biométricas e qualidade do fruto .....                                                                                                                                                | 49        |
| 2.3.2 Macro e micronutrientes .....                                                                                                                                                                   | 49        |
| 2.3.3 Parâmetros de trocas gasosas.....                                                                                                                                                               | 49        |
| 2.3.4 Parâmetros de fluorescência da clorofila a.....                                                                                                                                                 | 50        |
| 2.3.5 Análises bioquímicas.....                                                                                                                                                                       | 50        |
| 2.3.5.1 Pigmentos fotossintéticos.....                                                                                                                                                                | 50        |
| 2.3.5.2 Determinação da atividade enzimática.....                                                                                                                                                     | 50        |
| 2.3.5.3 Determinação de parâmetros relacionados ao metabolismo oxidativo.....                                                                                                                         | 50        |
| 2.4 Análises estatísticas.....                                                                                                                                                                        | 51        |
| 3 RESULTADOS .....                                                                                                                                                                                    | 51        |
| 4 DISCUSSÕES.....                                                                                                                                                                                     | 67        |
| 5 CONCLUSÃO.....                                                                                                                                                                                      | 71        |
| <b>CAPÍTULO III: <i>Bacillus aryabhattai</i> INOCULADO NO MICRO TOMATEIRO (<i>Lycopersicon esculentum</i> cv <i>micro-tom</i>), COMO EFEITO DE ATENUAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM SOLO ARGILOSO.....</b> | <b>80</b> |
| 1 INTRODUÇÃO .....                                                                                                                                                                                    | 81        |
| 2 MATERIAL E MÉTODO .....                                                                                                                                                                             | 82        |
| 2.1 Localização .....                                                                                                                                                                                 | 82        |
| 2.2 Delineamento e condução.....                                                                                                                                                                      | 82        |
| 2.3 Variáveis analisadas .....                                                                                                                                                                        | 84        |
| 2.3.1 Parâmetros de trocas gasosas.....                                                                                                                                                               | 84        |
| 2.3.2 Parâmetros de fluorescência da clorofila a.....                                                                                                                                                 | 84        |
| 2.3.3 Análises bioquímicas.....                                                                                                                                                                       | 84        |
| 2.3.3.1 Pigmentos fotossintéticos.....                                                                                                                                                                | 84        |
| 2.3.3.2 Determinação da atividade enzimática.....                                                                                                                                                     | 85        |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.3.3 Determinação de parâmetros relacionados ao metabolismo oxidativo..... | 85  |
| 2.3.4 Variáveis biométricas e qualidade do fruto .....                        | 85  |
| 2.3.5 Macro e micronutrientes .....                                           | 85  |
| 2.4 Análises estatísticas .....                                               | 86  |
| RESULTADOS .....                                                              | 86  |
| DISCUSSÃO .....                                                               | 100 |
| CONCLUSÃO.....                                                                | 104 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                              | 104 |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                    | 111 |
| REFERÊNCIAS.....                                                              | 112 |

## INTRODUÇÃO GERAL

A atividade agrícola é altamente influenciada pelas condições climáticas, o que significa que as mudanças no clima têm o potencial de afetar negativamente a produtividade das colheitas. Acarretando consequências significativas para o acesso aos alimentos, segurança alimentar e nutricional, além do desenvolvimento social e econômico (OROBIO *et al.*, 2023; WANG *et al.*, 2023).

Evidencia-se cada vez mais, a incidência de eventos climáticos extremos, como temperaturas elevadas, inundações, seca, bem como a formação de áreas inférteis e desertificação, que podem afetar a produtividade agrícola. Como também podem afetar a ocorrência e severidade de pragas e doenças (DABAR *et al.*, 2022; SOARES; PAÇO; ROLIM, 2023).

Revelando um desafio para o setor agrícola, uma vez que necessita manter a produção e qualidade dos alimentos, com o aumento constante da população e de eventos climáticos. Tornando necessária a introdução de técnicas eficazes e economicamente viáveis, incluindo a introdução de tecnologias e conceitos de precisão na agricultura, para assim, superar as limitações impostas pelas mudanças no clima e garantir a segurança alimentar global (KHONDOKER *et al.*, 2023).

Diante disso, é necessário desenvolver abordagens integradas que abordem simultaneamente questões ambientais e sociais. Como integrar aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos em 2015, com 17 objetivos e 169 metas, que abrange questões de desenvolvimento econômico e social, desde assuntos em torno da fome, água, igualdade de gênero até meio ambiente e mudanças climáticas (DAS; ALBINSSON, 2023).

O alinhamento desses objetivos com as alterações climáticas e a produção agrícola é importante para enfrentar desafios inter-relacionados (HABIB-UR-RAHMAN, *et al.*, 2022). Uma vez que, inclui a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e resilientes, a mitigação das alterações climáticas, a proteção da biodiversidade e dos ecossistemas, a gestão eficiente de recursos naturais, a redução do desperdício, a inovação e o investimento. Permitindo uma abordagem global que considere tanto a sustentabilidade ecológica como a segurança alimentar, além do fortalecimento e cooperação entre governos, o setor privado e a sociedade.

Neste enfoque e pensando na necessidade de intensificar o setor agrícola e ao mesmo tempo desenvolver técnicas para uma produção sustentável, além de ser capaz de atenuar os efeitos do clima. Sucedem os bioinsumos a partir das

bactérias promotoras do crescimento das plantas (BPCP), que são originárias do solo e colonizam as raízes das plantas, permitindo melhorar o crescimento, desenvolvimento e o rendimento das plantas durante o cultivo (RENE *et al.*, 2023).

Uma vez que, por meio de mecanismos estimulantes, influenciam na concentração de hormônios vegetais e asseguram inúmeros processos bioquímicos e fisiológicos nas plantas. Assim, os bioinsumos, que incluem biofertilizantes, inoculantes, biopesticidas, bioestimulantes e compostos orgânicos, vêm se tornando uma prática amplamente aceita na agricultura para aumentar a produção agrícola sustentável em diferentes partes do mundo (POSMYK *et al.*, 2023).

Portanto, a inoculação desses microrganismos, podem melhorar diversos aspectos, como a taxa de germinação de sementes, crescimento das raízes e caule (SOLOMON *et al.*, 2023), o rendimento, tamanho das folhas, o teor de clorofila, absorção de nutrientes (RACIOPPO *et al.*, 2023), resistência a patogênico (AHMED *et al.*, 2023), além de tolerância ao déficit hídrico (MASMOUDI *et al.*, 2023).

Podendo ser aplicado em diversas culturas, no entanto para este trabalho o tomate foi escolhido por ser umas das culturas hortícolas mais populares e cultivadas no globo terrestre, com importância econômica para muitos agricultores de países em desenvolvimento. Além, da cultivar Micro-Tom ser de um ciclo de vida rápido, 70-90 dias, desde a semeadura até ao amadurecimento do fruto, assegurando um bom desempenho experimental e aptidão em grande escala (TERADA *et al.*, 2023).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o potencial de uso do *Bacillus aryabhattai* para mitigar os efeitos do déficit hídrico na cultura do micro-tomateiro (*Lycopersicon esculentum* CV MICRO-TOM).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclusão das bactérias promotoras do crescimento de plantas (BPCP) vem se mostrando uma excelente alternativa para desenvolvimento do setor agrícola, frente às mudanças climáticas e a intensificação da seca, que resulta no estresse hídrico nas culturas. Uma vez que, afetam a capacidade produtiva e a qualidade dos alimentos.

Com os resultados da inoculação do *Bacillus aryabhattai* no micro tomateiro (*Lycopersicon esculentum* cv *micro-tom*) foi possível observar fatores favoráveis ao melhor desenvolvimento e tolerância ao estresse hídrico.

Foram observados aumento de características morfológicas: peso massa fresca parte aérea, das raízes, área foliar, bem como nos frutos, em questão de comprimento e diâmetro, além do número de frutos. Como também a qualidade desses frutos e absorção de nutrientes para ambos os solos trabalhados.

Fatores envolvendo fotossíntese, no solo arenoso apresentou 9% maior de eficiência do uso da água (EUA) nas plantas inoculadas. Porém, obtiveram respostas positivas na menor produção enzimática antioxidativa, podendo estar associado à interferência de atenuações do bioinsumo. Caso similar foi observado nessas análises em solo argiloso.

Constatando que o gênero *Bacillus* sp. oferece uma abordagem promissora para reduzir os efeitos negativos da escassez de água nas culturas agrícolas. Contribuindo significativamente para melhorar a tolerância das plantas por meio de diversos mecanismos, como a promoção do crescimento das raízes, a indução de resistência e a regulação da microbiota do solo. No entanto, a incorporação de *B. aryabhattai* no micro-tomateiro contribuiu para mitigar os efeitos do déficit hídrico, como evidenciado pelas características morfofisiológicas, área foliar, altura das plantas, quantidade e qualidade de frutos, volume das raízes e absorção de macronutrientes. Fundamentando a hipótese de que a inoculação reduz os efeitos do déficit hídrico, porém ainda é necessário aprofundar pesquisas para compreender como *B. aryabhattai* afeta suas características morfofisiológicas e de produção sob condições a campo severos, como também foi destacado em trabalhos que utilizou este mesmo *Bacillus* sp. na cultura do milho.

## REFERÊNCIAS

- DABAR, O. A.; ADAN, A. B. I.; AHMED, M. M.; AWALEH, M. O.; WABERI, M. M.; CAMBERLIN, P.; POHL, B.; MOHAMED, J. Evolution and Trends of Meteorological Drought and Wet Events over the Republic of Djibouti from 1961 to 2021. **Climate**, v. 10, n. 10, p.1-26, 2022.
- DAS, A.; ALBINSSON, P. A. Consumption Culture and Critical Sustainability Discourses: Voices from the Global South. **Sustainability**, v. 15,n.9, p.1-19, 2023.
- HABIB-UR-RAHMAN, M.; AHMAD, A.; RAZA, A.; HASNAIN, M. U.; ALHARBY, H. F.; ALZAHIRANI, Y. M.; EL SABAGH, A. Impact of climate change on agricultural production; Issues, challenges, and opportunities in Asia. *Frontiers in Plant Science*, v. 13, p. 925548, 2022.
- KHONDOKER, M.; MANDAL, S.; GURAV, R.; HWANG, S. Freshwater Shortage, Salinity Increase, and Global Food Production: A Need for Sustainable Irrigation Water Desalination—A Scoping Review. **Earth**, v.4, n.2, p.223-240, 2023.
- MASMOUDI, F.; ALSAFRAN, M.; JABRI, H. Al; HOSSEINI, H.; TRIGUI, M.; SAYADI, S.; TOUNSI, S.; SAADAOUI, I. Halobacteria-Based Biofertilizers: A Promising Alternative for Enhancing Soil Fertility and Crop Productivity under Biotic and Abiotic Stresses-A microorganisms Halobacteria-Based Biofertilizers: A Promising Alternative for Enhancing Soil Fertility and Crop Productivity under Biotic and Abiotic Stresses-A Review. **Microorganisms**, v.11, n.5, p.1-16, 2023.
- OROBIO, B.A.P; PAZ, J. S; SANTOS, A. R.; QUINTERO, K.F. S.; ESCORCIA, R. S.; RIVERA, I.C. D.; SÁNCHEZ, A. Assessment of the Water Footprint in Low-Income Urban Neighborhoods from Developing Countries: Case Study Fátima (Gamarra, Colombia). **Sustainability**, v.15, n.9, p.1-21, 2023.
- POSMYK, M.; IMRAN, M.; LUZOLO MPOVO, C.; KHAN, M. A.; SHAFFIQUE, S.; NINSON, D.; BILAL, S.; KHAN, M.; KWON, E.-H.; KANG, S.-M.; YUN, B.-W.; LEE, I.-J. Synergistic Effect of Melatonin and Lysinibacillus fusiformis L. (PLT16) to Mitigate Drought Stress via Regulation of Hormonal, Antioxidants System, and Physio-Molecular Responses in Soybean Plants. **International Journal of Molecular Sciences**, v.24, n.10, p.1-20, 2023.
- RENE, E. R.; ZAPPI, M.; GONZALEZ-GONZALEZ, L. M.; DE-BASHAN, L. E. The Potential of Microalgae-Bacteria Consortia to Restore Degraded Soils. **Biology**, v.12, n.5, p.1-15, 2023.
- SOARES, D.; PAÇO, T. A.; ROLIM, J. Assessing Climate Change Impacts on Irrigation Water Requirements under Mediterranean Conditions—A Review of the Methodological Approaches Focusing on Maize Crop. **Agronomy**, v.13, n.1, p.1-16, 2023.
- TERADA, N.; DISSANAYAKE, K.; OKADA, C.; SANADA, A; KOSHIO, K. Micro-Tom tomato response to fertilization rates and the effect of cultivation systems on fruit yield and quality. **Horticulturae**, v. 9, n. 3, p. 367, 2023.
- WANG, X.; FANG, S.; YANG, Y.; DU, J.; WU, H. A New Method for Crop Type Mapping at the Regional Scale Using Multi-Source and Multi-Temporal Sentinel Imagery. **Remote Sensing**, v. 15, n. 9, p.1-20, 2023.