

Mestrado

Letícia Pereira Gomes

2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E  
INOVAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

**BIOESTIMULANTES E SEUS EFEITOS NOS  
COMPONENTES DA PRODUÇÃO, NAS TROCAS GASOSAS  
E NA EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NO TOMATEIRO  
SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Autora: Letícia Pereira Gomes  
Orientador: Dr. Juscimar da Silva

MORRINHOS-GO  
2019

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS MORRINHOS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM OLERICULTURA

**BIOESTIMULANTES E SEUS EFEITOS NOS  
COMPONENTES DA PRODUÇÃO, NAS TROCAS  
GASOSAS E NA EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NO  
TOMATEIRO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA**

Autora: Letícia Pereira Gomes  
Orientador: Dr. Juscimar da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM OLERICULTURA, ao Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Morrinhos - Área de Concentração Ciências Agrárias.

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

PL648b      Pereira Gomes, Leticia  
                 BIOESTIMULANTES E SEUS EFEITOS NOS COMPONENTES DA  
                 PRODUÇÃO, NAS TROCAS GASOSAS E NA EFICIÊNCIA DE USO  
                 DA ÁGUA NO TOMATEIRO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA / Leticia  
                 Pereira Gomes; orientador Dr. Juscimar Silva. --  
                 Morrinhos, 2019.  
                 46 p.

                 Dissertação ( em Programa de Pós-Graduação Mestrado  
                 Profissional em Olericultura, 2019. ) -- Instituto  
                 Federal Goiano, Campus Morrinhos, 2019.

                 1. Solanum lycopersicum. 2. Estresse Abiótico. 3.  
                 Fotossíntese. 4. Ácidos Húmicos. I. Silva, Dr.  
                 Juscimar, orient. II. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação                      | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia - Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação                             | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Letícia Pereira Gomes

Matrícula: 2017104330410062

Título do Trabalho: **BIOESTIMULANTES E SEUS EFEITOS NOS COMPONENTES DA PRODUÇÃO, NAS TROCAS GASOSAS E NA EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NO TOMATEIRO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA**

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Morrinhos-GO, 10/10/2020

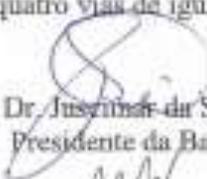
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

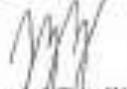
Ciente e de acordo:

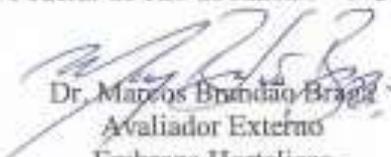
Assinatura do(a) orientador(a)

**ATA Nº/67**  
**BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos dezoito dias do mês de julho do ano de dois mil e dezoito, às 09h:00 (nove horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora Dr. Juscimar da Silva (orientador), Prof. Dr. Daniel Basílio Zandonadi (avaliador externo) e Dr. Marcos Brandão Braga (avaliador externo), sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada na sala de Reuniões do CTI da Embrapa Hortaliças, para procederem à avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **Letícia Pereira Gomes**, discente do Programa de Pós-Graduação em Olericultura do Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Dr. Juscimar da Silva, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a autora da Dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu a examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Olericultura, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM OLERICULTURA**, na Área de Sistema de Produção em Olerícolas, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Morrinhos. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGOL da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, o presidente da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Juscimar da Silva, docente permanente do PPGOL, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em quatro vias de igual teor.

  
Dr. Juscimar da Silva  
Presidente da Banca

  
Prof. Dr. Daniel Basílio Zandonadi  
Avaliador Externo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – NUPEM/Macaé-RJ

  
Dr. Marcos Brandão Braga  
Avaliador Externo  
Embrapa Hortaliças

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OLERICULTURA

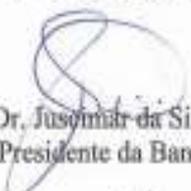
BIOESTIMULANTES E SEUS EFEITOS NOS  
COMPONENTES DA PRODUÇÃO, NAS TROCAS  
GASOSAS E NA EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA DO  
TOMATEIRO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA

Autora: Leticia Pereira Gomes

Orientador: Juscimar da Silva

TITULAÇÃO: Mestre em Olericultura-Área de Concentração em Sistema  
de Produção em Olerícolas.

APROVADA em 19 de julho de 2019.



Dr. Juscimar da Silva  
Presidente da Banca



Prof. Dr. Daniel Basilio Zandonadi  
Avaliador Externo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro – NUPEM/Macaé-RJ



Dr. Marcos Brandão Braga  
Avaliador Externo  
Embrapa Hortaliças

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e trilhar meus caminhos.

Aos meus pais Edson e Nelci, que não mediram esforços e se empenharam na minha educação e formação. Aos meus irmãos Alisson, Débora e meu noivo Kene Patrick, pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos amigos que fiz durante essa trajetória no mestrado Lucas Mendes, Sabrina Magali, Douglas Martins, Rafaella Russolyne, Dyenne Leal e Tiago Pereira que não mediram esforços para me ajudar com os experimentos.

À Embrapa Hortaliças, pelo suporte e oportunidade de realizar este trabalho.

Ao Dr. Juscimar da Silva, pelos ensinamentos, orientação deste trabalho e, principalmente, pela oportunidade dada.

Ao Dr. Marcos Braga, pelo importante auxílio e orientação na condução do experimento.

Ao Instituto Federal Goiano Campus – Morrinhos.

Aos demais colegas e amigos do IFGoiano, pela amizade e colaboração.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## BIOGRAFIA DA AUTORA

Letícia Pereira Gomes, filha de Nelci Gonçalves Pereira Gomes e Edson Batista Gomes, nasceu em 13 de maio de 1995, natural de Brasília – DF. Em dezembro de 2016, graduou-se em Agronomia pela Faculdade Integrada ICESP – Promove de Brasília. Em março de 2017, iniciou o curso de Mestrado Profissional em Olericultura no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Morrinhos, submetendo sua dissertação à defesa em 19 de julho de 2019.

## RESUMO

GOMES, LETICIA PEREIRA. Instituto Federal Goiano Campus Morrinhos, julho de 2019. **Bioestimulantes e seus efeitos nos componentes da produção, nas trocas gasosas e na eficiência de uso da água no tomateiro sob restrição hídrica.** Orientador: Juscimar da Silva.

O estudo da eficiência agronômica de produtos bioestimulantes que possam conferir resistência às plantas quando experimentam condições de restrição hídrica é de fundamental importância para reduzir as perdas de produção, em especial do tomateiro, que é muito exigente em água. Diante disso, avaliou-se a ação de bioestimulantes nas trocas gasosas, na eficiência no uso da água e nos componentes de produção de tomateiro cultivado sob restrição hídrica. O ensaio foi conduzido dentro de câmara climatizada, com controle de temperatura, foto período e umidade relativa. O experimento foi montado em esquema fatorial  $(2 \times 4) + 2$ , sendo dois intervalos de porcentagem de água no solo (80 – 100% e 50 – 70% da capacidade de campo) e quatro bioestimulantes (três pré-comerciais e um comercial) e dois tratamentos controle, sem aplicação de bioestimulante, um para cada condição de água no solo. Os produtos bioestimulantes avaliados eram de grupos distintos, sendo um à base de microrganismo ativo, um do grupo dos aminoácidos e dois à base de substâncias húmicas. Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos ao acaso, num total de quatro blocos e duas plantas por parcela, perfazendo um total de 80 unidades experimentais. As características avaliadas foram: trocas gasosas e eficiência de uso água da planta, massa seca e produtividade do tomateiro. O uso de bioestimulantes nas plantas submetidas a estresse hídrico propiciou produção total do tomateiro similar aos tratamentos sem estresse. Contudo, o uso dos bioestimulantes em condições ótimas de água no solo não

promoveu aumento da produção. A diferença na quantidade de água no solo afetou as frações de carbono no solo, e os efeitos dos bioestimulantes foram mais marcantes na condição de 80-100% da capacidade de campo, sendo o tratamento SH com 9,49% de capacidade de campo no solo. Houve maior eficiência de uso da água instantânea e da água intrínseca pelo tomateiro tratados com os bioestimulantes AM e SH na condição de menor fornecimento de água. Os bioestimulantes mostraram resultados promissores na atenuação do estresse do tomateiro cultivado em condições de restrição de água.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Solanum lycopersicum*. Estresse abiótico. Fotossíntese.

## ABSTRACT

GOMES, LETICIA PEREIRA. Instituto Federal Goiano (Goiano Federal Institute), Morrinhos Campus, July 2019. **Biostimulants and their effects on tomato plant production components, gas exchanges, and water use efficiency under water deficit.** Advisor: Silva, Juscimar da.

Agronomic efficiency studies of biostimulants that can grant plant resistance in periods of water deficit is of fundamental importance to decrease yield losses, especially tomatoes whose production requires plenty of water. Therefore, the action of biostimulants on gas exchange, on water use efficiency, and on components for production in tomato cultivated under water deficit was evaluated. The experiment was carried out under a climate greenhouse with temperature, photoperiod, and relative humidity control. The experiment was in (2 x 4) +2 factorial scheme, two soil water percentage intervals (80-100% and 50-70% in soil field capacity), four biostimulants (three pre-commercial and one commercial), and two control treatments without biostimulant application, one for each water condition in soil. The biostimulants evaluated were from different groups, one based on active microorganism, one based on amino acids, and the two others based on humic substances. The treatments were arranged in a randomized block design (RBD) (four blocks) and two plants per plot, making a total of eighty experimental units. Gas exchange, plant water use efficiency, dry mass, and yield of tomato were characteristics evaluated. The use of biostimulants in plants under water stress provided total tomato yield similar to treatments without stress. However, the use of biostimulants in optimal soil water conditions has not promoted increasing in yield. The difference in the soil water amount affected the carbon fractions, and the biostimulant effects were most evident in 80-100% field

capacity (FC), and the humic substances (HS) treatment was with 9.49% Carbon (C) in soil. There was higher efficiency of instantaneous and intrinsic water use by tomato plant treated with amino acids (AA) and SH biostimulants under lower water supply condition. Biostimulants showed promising results in tomato stress attenuation when cultivated under water deficit conditions.

**KEYWORDS:** *Solanum lycopersicum*. Abiotic stress. Photosynthesis.

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1	Identificação dos tratamentos em função dos bioestimulantes e intervalo de água no solo estimado em função da sua capacidade de campo..... 28
Tabela 2	Componentes da produção do BRS Finestra tratado com bioestimulantes, cultivado sob dois intervalos de água no solo. PTOT: Produção total (g); NTF: Número Total de Frutos; FMADU: Número de frutos maduros; DFRUTO: Diâmetro de Frutos (cm); CLF: Comprimento longitudinal de fruto (cm); PMFRUTO: Peso médio de frutos (g/fruto); MPFA: Massa de parte aérea fresca (g); MPAS: Massa parte aérea seca (g); DC: Diâmetro de caule (cm); SST: Sólidos Solúveis totais (°Brix). Valores médios de quatro repetições..... 31
Tabela 3	Teores de carbono orgânico (Corg), carbono lábil (Clabil) e relação entre as duas frações no solo após cultivo de tomateiro BRS Finestra tratado com bioestimulantes, sob dois níveis de água no solo..... 35
Tabela 4	Trocas gasosas e eficiência de uso de água do BRS Finestra tratado com bioestimulante, cultivado sob dois intervalos de água no solo. Assimilação de CO <sub>2</sub> ou taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); condutância estomática (Gs, $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); CO <sub>2</sub> interno (Ci); transpiração (E, $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de vapor d'água); temperatura da folha (Tleaf); eficiência de uso da água instantânea (EU <sub>Ainst</sub> =A/g <sub>s</sub> ); eficiência de uso da água intrínseca (EU <sub>Aintr</sub> =A/E); eficiência da carboxilação instantânea (CARBOX)..... 37

Tabela 1 A	Análise de variância dos componentes da produção do BRS Finestra tratado com bioestimulantes, cultivados sob dois intervalos de água no solo. PTOT: Produção total (g); NTF: Número Total de Frutos; FMADU: Número de frutos maduros; DFRUTO: Diâmetro de Frutos (cm); CLF: Comprimento longitudinal de fruto (cm); PMFRUTO: Peso médio de frutos (g/fruto); MPFA: Massa de parte aérea fresca (g); MPAS: Massa parte aérea seca (g); DC: Diâmetro de caule (cm); SST: Sólidos Solúveis totais (°Brix).....	44
Tabela 2 A	Análise de variância dos teores de carbono orgânico (Corg), carbono lábil (Clabil) e relação entre as duas frações no solo após cultivo de tomateiro BRS Finestra tratado com bioestimulantes, sob dois níveis de água no solo.....	45
Tabela 3 A	Análise de variância das trocas gasosas e eficiência de uso de água do BRS Finestra tratado com bioestimulante, cultivado sob dois intervalos de água no solo. Assimilação de CO <sub>2</sub> ou taxa fotossintética (A, $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); condutância estomática (Gs, $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); CO <sub>2</sub> interno (Ci); transpiração (E, $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de vapor d'água); temperatura da folha (Tleaf); eficiência de uso da água instantânea (EUAinst); eficiência de uso da água intrínseca (EUAint); eficiência da carboxilação instantânea (CARBOX).....	45

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Bioestimulantes .....	14
2.1.1 Bioestimulantes e seus efeitos no estresse hídrico.....	16
2.1.2 Bioestimulantes e seus efeitos nas trocas gasosas .....	17
2.2 Estresses hídricos em olerícolas.....	17
2.2.1 Influência da água sob o cultivo do tomateiro .....	18
2.3 Referências .....	19
3 CAPÍTULO I.....	23
3.1 Introdução .....	25
3.2 Material e métodos .....	26
3.2.1 Definição das quantidades de água por intervalo de umidade do solo.....	27
3.2.2 Avaliação de trocas gasosas e eficiência de uso de água do tomateiro.....	28
3.2.3 Avaliação dos componentes de produção do tomateiro .....	29
3.2.4 Análises estatísticas.....	29
3.3 Resultados e discussão .....	29
3.3.1 Efeitos dos bioestimulantes nos componentes da produção .....	29

3.3.2	Efeitos nos teores de carbono total e carbono ativo do solo.....	33
3.3.3	Efeitos nas Trocas Gasosas .....	35
3.4	Conclusões .....	39
3.5	Referências .....	40
	ANEXOS.....	43

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, o plantio de culturas com alto potencial produtivo acompanhado também de nível crítico de nutrientes muito elevados (CASTRO, 2006) tem exigido práticas de manejo e conservação do solo que garantam sua sustentabilidade. Para atingir os altos patamares de produtividade e exigência nutricional das plantas, são necessárias doses elevadas de fertilizantes, em especial no cultivo de espécies hortícolas que apresentam baixa eficiência de uso de nutrientes (ZANDONADI *et al.*, 2014), mas essa prática tem acarretado acúmulo de nutrientes no solo a níveis muito elevados, consequentemente, alterando suas qualidades químicas, físicas e biológicas. Os eventos extremos de mudanças climáticas globais já têm causado alterações no regime hídrico de algumas regiões (PELLEGRINO; ASSAD; MARIN, 2007), podendo afetar sobremaneira a produção de hortaliças. Para sobrepujar as alterações climáticas apontadas, tem sido adotado o uso de substâncias associadas ou não a microrganismos com características de bioatividade, que induzem as plantas a aumentar a eficiência no uso de água e de nutrientes bem como sua eficiência fotossintética.

Sabe-se que os bioestimulantes propiciam aumento de raízes laterais melhorando a absorção de água e nutrientes, podendo ser uma alternativa para auxiliar as plantas na superação de estresses abióticos, uma vez que atuam como incremento hormonal e nutricional. Por outro lado, alguns estudos, como o de Ávila *et al.* (2010), relatam que a ação dos bioestimulantes não apontou resultados concernentes à sua capacidade de reduzir o estresse hídrico em alguns cultivos.

É fato também que as respostas às aplicações são dependentes de outros fatores, como a planta cultivada e, principalmente, a composição dos produtos utilizados (ZANDONADI *et al.*, 2014). Diante disso, há poucos estudos relacionando até que ponto os teores de carbono no solo advindos da aplicação desses bioestimulantes contribuem para o tomateiro suportar o déficit hídrico. A frequência e a intensidade do

fornecimento de água, alinhadas à má nutrição das plantas, constituem os fatores de maior importância que podem limitar a produção agrícola mundial. Os bioestimulantes, além da capacidade de aumentar a fertilidade dos solos e a produtividade dos cultivos, pelo incremento hormonal e nutricional dos componentes presentes como algas marinhas, ácidos húmicos e vitaminas, são uma alternativa para auxiliar as plantas a potencializar os mecanismos de defesa contra os estresses abióticos, entre eles o estresse hídrico (JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017). O aumento no uso de bioestimulantes à base de ácidos húmicos e de algas tem sido justificado em estudos da fisiologia vegetal pela melhora da resistência e pela adaptação das plantas às condições de estresse (ZHANG; ERVIN, 2003).

Desta forma, a busca por técnicas e/ou práticas culturais de baixo investimento que possam aumentar a tolerância das plantas a períodos de déficit hídrico é de fundamental importância para reduzir as perdas em cultivos e adaptá-los à escassez de recursos hídricos. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ação de diferentes tipos de bioestimulantes na produção, nas trocas gasosas do tomateiro, cultivado em condições de restrição hídrica.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Bioestimulantes

Du Jardin (2016) define bioestimulante como qualquer substância ou microrganismo aplicado a plantas com o objetivo de melhorar sua eficiência nutricional, a tolerância a estresses abióticos e/ou a qualidade dos cultivos, independentemente de seu conteúdo nutricional. Os reguladores de crescimento são compostos orgânicos que, em pequenas quantidades, estimulam ou inibem o crescimento e podem modificar também um ou vários processos fisiológicos das plantas (CASTRO; VIEIRA, 2001), sendo uma alternativa potencial para estimular a produção de raízes, principalmente em solos de baixa disponibilidade de água e nutrientes.

Já Russo e Berlyn (1992) definem bioestimulantes como produtos que aumentam a produtividade e induzem a resistência ao estresse hídrico, favorecendo os processos vitais da planta, aumentando, assim, sua produtividade.

Os bioestimulantes com formulações à base de algas marinhas foram produzidos pela descoberta da alga marinha *Ecklonia maxima*, no ano de 1979, sendo que essa alga fresca apresentava altos níveis de minerais (RENGASAMY *et al.*, 2015). Existem vários tipos de algas que podem conter em sua composição uma grande diversidade de minerais, entre eles, nitrogênio e potássio e quantidades baixas de fósforo. Esses vários tipos de alga, quando aplicados, melhoram consideravelmente a produção das culturas. Entre os exemplos de algas, está a *Ascophyllum sp*, encontrada na costa marinha norueguesa, e a alga do gênero *Sargassum*, encontrada na costa noroeste dos Estados Unidos.

Em estudos de comparação entre plantas de tomate cereja enxertadas e plantas não enxertadas com aplicação de bioestimulantes à base de algas marinhas, Mazuela, Cepedas e Cubillos (2012) concluíram que a aplicação de bioestimulantes aumenta a

eficiência hídrica do tomate em plantas não enxertadas, tendo assim, a mesma eficiência em comparação com as plantas enxertadas sem aplicação de bioestimulantes.

Já os produtos formulados à base de aminoácidos e vitaminas são responsáveis pela constituição da proteína, por regular o metabolismo vegetal e por ativar o metabolismo fisiológico das plantas, além de aumentar a eficiência na absorção, no transporte e assimilação de nutrientes. Em estudos com reguladores de crescimento com efeitos bioestimulantes, Binsfield *et al.* (2014) constataram que não houve efeito sobre a germinação das sementes, mas que o produto influenciou significativamente no desenvolvimento inicial das plântulas de soja.

Os bioestimulantes à base de hormônios vegetais, entre eles os que têm em sua composição auxinas, quando sintetizados nas plantas, atuam nas regiões de crescimento ativo como caule, folhas e raízes. As citocininas, responsáveis pelo crescimento e divisão celular, são produzidas nas raízes e transportadas para outras partes das plantas. As giberelinas, por sua vez, atuam no desenvolvimento dos frutos e induzem a brotação de gemas (TAIZ; ZEIGER, 2004).

As formulações de bioestimulantes à base de ácidos húmicos geralmente são aplicadas via água de irrigação ou foliar. Eles aumentam a absorção e a assimilação dos nutrientes, gerando benefícios na planta como aumento do vigor, rendimento e qualidade na produção. Quando aplicados diretamente no solo, eles favorecem tanto sua estrutura e textura, quanto a porosidade e a permeabilidade (CANELLAS *et al.*, 2005). Meirelles, Baldotto, M. e Baldotto, L. (2017) avaliaram a produtividade da alface em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas e constataram que ambos podem ser considerados bioestimulantes de baixo custo e de alto valor agregado, em razão do aumento significativo na produtividade da alface e consequente melhora na qualidade física, química e biológica do solo.

A utilização desses produtos em cultivos agrícolas pode elevar a produção qualitativa e quantitativa, além de promover aumento da matéria orgânica no solo. Com isso, as adubações podem ser mais bem aproveitadas, proporcionando maior absorção pelas plantas dos nutrientes disponíveis nos compostos orgânicos no solo. Além disso, sabe-se que a matéria orgânica pode aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC), a capacidade de água retida no solo e ainda a atividade microbiana (ZANDONADI *et al.*, 2014), por meio dos resíduos vegetais e animais que retornam ao solo, onde são convertidos, por ação de microrganismos, em formas estáveis denominadas húmus (MELÉM JÚNIOR *et al.*, 2008). Em razão da sua grande

bioatividade, as substâncias húmicas têm capacidade de estimular ou inibir o desenvolvimento das plantas, isso ocorrendo de acordo pela interação positiva ou negativa com os organismos vivos, sejam plantas ou até mesmo microrganismos (ZANDONADI *et al.*, 2014).

### 2.1.1 Bioestimulantes e seus efeitos no estresse hídrico

A frequência e a intensidade do fornecimento de água, alinhadas à má nutrição das plantas, constituem os fatores de maior importância que podem limitar a produção agrícola mundial. Os bioestimulantes, além da capacidade de aumentar a fertilidade dos solos e a produtividade dos cultivos, pelo incremento hormonal e nutricional de componentes presentes como algas marinhas, ácidos húmicos e vitaminas, são uma alternativa para auxiliar as plantas a potencializar os mecanismos de defesa contra os estresses abióticos, entre eles o estresse hídrico (JAYME-OLIVEIRA *et al.*, 2017).

A *Biostimulant Coalition*, localizada na América do Norte, definiu bioestimulantes como “substâncias, incluindo microrganismos, que são aplicadas às plantas, sementes, solo ou outros meios de cultivo, que podem melhorar a capacidade da planta de assimilar os nutrientes aplicados ou proporcionar benefícios ao desenvolvimento da planta”. Calvo, Nelson, e Kloepper (2014) relatam que alguns inoculantes microbianos foram reconhecidos por terem efeito positivo no desenvolvimento das plantas em razão da sua tolerância ao déficit hídrico. Como exemplo, a inoculação do trevo branco (*Trifolium repens*) com cepas produtoras de auxinas (IAA) de *P. putida* e *B. megaterium*, resultando no aumento da biomassa da parte aérea, da raiz e no conteúdo de água sob déficit hídrico (MARULANDA; BAREA; AZCÓN, 2009).

O aumento no uso de bioestimulantes à base de ácidos húmicos e de algas tem sido justificado em estudos da fisiologia vegetal pela melhora da tolerância e pela adaptação das plantas às condições de estresse (ZHANG; ERVIN, 2003). Componentes como os ácidos húmicos têm grande influência no crescimento das plantas, pois aumentam a atividade antioxidante, principalmente quando estão em condições de estresses abióticos como estresse hídricos, estresse por altas temperaturas, entre outros.

Segundo Vasconcelos (2006), independentemente das condições de cultivo, plantas com altos índices de antioxidantes intensificam o crescimento radicular e o crescimento da parte aérea, mantendo, assim, uma alta quantidade de água nas folhas. E

podem se desenvolver melhor, pois seu sistema de defesa se torna mais eficiente quando plantas submetidas a estresse hídrico são tratadas com bioestimulantes (KARNOK, 2000).

Porém Ávila *et al.* (2010) relatam que a ação benéfica dos bioestimulantes tem sido inibida em cultivos com estresse hídrico, diminuindo a absorção de nutrientes pelas plantas.

### 2.1.2 Bioestimulantes e seus efeitos nas trocas gasosas

A tolerância aos estresses abióticos são respostas produzidas pela aplicação de bioestimulantes no crescimento das plantas. Seus efeitos têm a capacidade de influenciar na atividade hormonal, como, por exemplo, os fitohormônios, que regulam o desenvolvimento normal das plantas por meio do crescimento das raízes e da parte aérea, com isso regulam também as respostas ao ambiente onde se encontram (LONG, 2004). Os componentes presentes nos bioestimulantes podem exercer influência nos processos metabólicos nas plantas, entre eles a respiração e a fotossíntese. A produtividade das culturas, de modo geral, vai ser afetada principalmente pelas características morfológicas e fisiológicas dos órgãos consumidores dos produtos fotossintetizantes, conhecidos como fonte e dreno. Entre os processos fisiológicos e metabólicos, a assimilação de CO<sub>2</sub> vai ser apenas um dos fatores que interferem no desenvolvimento vegetal, dependendo toda a produção de biomassa da atividade fotossintética da fonte (MACEDO, 2010). Trabalhos como o de Macedo (2010) mostram que os bioestimulantes podem auxiliar e influenciar diretamente as trocas gasosas, propiciando maior desenvolvimento e produtividade das plantas pela assimilação de CO<sub>2</sub>.

## 2.2 Estresses hídricos em olerícolas

A água é um dos principais constituintes das células vegetais e compõe os diferentes tecidos e órgãos das plantas. É necessária no metabolismo vegetal, transporte e translocação de solutos, na turgescência celular e na abertura e fechamento estomático. Contudo, pode-se afirmar que, como um dos primeiros efeitos biofísicos em condições de déficit hídrico, as plantas apresentam redução na turgescência da célula e

alterações nos processos fisiológicos dependentes do turgor, como crescimento celular (TAIZ; ZEIGER, 2004) e redução da condutância estomática, afetando a transpiração, a fotossíntese e a temperatura das folhas (FERNANDES *et al.*, 2015), caracterizadas por murchamento, fechamento dos estômatos e redução no crescimento e alongamento celular.

Quando submetidas a estresses de natureza abiótica e/ou biótica, as plantas expressam diferentes reações para se adaptarem por meio de mudanças bioquímicas e fisiológicas e sintetização de moléculas adaptativas dentro de estruturas organizadas (CHANAMÉ, 2016), que emitem sinais originados pelo estresse, que abrangem diferentes tipos de genes (ZIAF *et al.*, 2011).

Percebendo o início do estresse hídrico, as plantas desenvolvem mecanismos que as fazem regular rapidamente seu metabolismo e sua fisiologia, como consequência, diminuem a perda de água pelo fechamento estomático parcial ou total, reduzem o crescimento foliar, diminuindo a turgescência e interrompendo danos irreversíveis na planta (OLIVEIRA, A.; ALENCAR; GOMÉS-FILHO, 2013). Em razão das condições de estresse, a senescência foliar da planta é mais rápida e, segundo Tosta (2014), esse fator pode estar relacionado com a disponibilidade de nitrogênio para suprir a demanda da cultura.

O déficit hídrico é um dos fatores abióticos que mais prejudicam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo, conseqüentemente, um dos fatores mais importantes para a limitação da produção agrícola mundial, sendo responsável por cerca de 60-70% de variabilidade no produto final (SANTOS, R.; CARLESSO, 1998).

Brito *et al.* (2015) constataram que o estresse hídrico aumentou a proporção de fitomassa do caule em relação às folhas na cultura do tomateiro e, na fase de floração, a cultura mostrou-se sensível ao déficit hídrico, apresentando redução nos aspectos morfofisiológicos. Jayme-Oliveira *et al.* (2017), estudando o crescimento e o desenvolvimento de amaranto, quinoa e milho sob déficit hídrico, observaram que esse fator dificultou a produção de grãos. Nesse sentido, a disponibilidade de água é essencial para o metabolismo das plantas, estando relacionada diretamente com a disponibilidade de nutrientes, o transporte e a translocação de solutos, indispensáveis para atingir altas produtividades (TAIZ; ZEIGER, 2010).

### 2.2.1 Influência da água sob o cultivo do tomateiro

O tomateiro *Solanum lycopersicum* é originário da América do Sul, mais especificamente entre o Equador e o norte do Chile (MIRANDA, 1995). É rico em nutrientes para a saúde humana, como ácido fólico, potássio e cálcio. O tomate é uma das principais hortaliças cultivadas no mundo, sendo no Brasil uma hortaliça de grande importância, em sucessão à batata (*Solanum tuberosum*) (MARTINS, 1991).

Os frutos são comercializados para consumo in natura ou para processamento. A área ocupada para tomate mesa no período de 2018 foi de 63.976 ha, com uma produção de 4.457.104 toneladas (IBGE, 2018). Além das condições climáticas, entre alguns fatores que influenciam sobremaneira o desenvolvimento do tomateiro, estão a demanda hídrica e a disponibilidade de nutrientes. A disponibilidade de nutrientes é influenciada diretamente pela disponibilidade hídrica do solo, pois sem as irrigações necessárias não há absorção de nutrientes pela planta. De certa forma, as variações de água e nutrientes podem promover o aparecimento de distúrbios fisiológicos, como rachaduras nos frutos e podridão apical (MORALES, 2012).

Quando ocorre a saturação do solo, ou seja, quando todos os espaços do solo estão ocupados com água, pode ocorrer falta de oxigênio na zona radicular do tomateiro, acarretando problemas como queda de flores, promovendo atrasos na maturação, rachaduras nos frutos, frutos ocos, e o crescimento vegetativo podendo ser intensificado (MORALES, 2012). Esses problemas podem ser identificados no período de floração e maturação de frutos, quando a planta exige o máximo de absorção de água para a produção. De maneira geral, a disponibilidade de água ao tomateiro é de extrema importância, pois o suprimento inadequado influencia na formação dos frutos constituídos, em quase sua totalidade, por água.

## 2.3 Referências

- ÁVILA, M.R.; BARIZÃO, D.A.O.; GOMES, E.P.; FEDRI, G.; ALBRECHT, L.P. Cultivo de feijoeiro no outono/inverno associado à aplicação de bioestimulante e adubo foliar na presença e ausência de irrigação. *Scientia Agraria*, Curitiba, v.11, n.3, p.221-230, 2010.
- BINSFIELD, J.A.; BARBIERI, A.P.P.; HUTH, C.; CABRERA, I.C.; HENNING, L.M.M. Uso de bioativador, bioestimulante e complexo de nutrientes em sementes de soja. *Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v.44, n.1 p.88-94, 2014.
- BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V.S.; ARAUJO, T.T.; SILVA, E.C.B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases

fenológicas. *Revista IRRIGA*, Botucatu, v.20 n.1, p.139-153, 2015.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J.W. *Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and soil*, v.383, n.1-2, p.3-41, 2014.

CANELLAS, L.P.; ZANDONADI, D.B.; MÉDICI, L.O.; PERES, L.E.P.; OLIVARES, F.L.; FAÇANHA, A.R. Bioatividade de substâncias húmicas: ação sobre desenvolvimento e metabolismo das plantas. In: CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. (ed.). *Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas*. Campos dos Goytacazes: CCTA, UENF, 2005. p.224-243.

CASTRO, P.R.C. Agroquímicos de controle hormonal na agricultura tropical. Piracicaba, 2006. 46p. *Série Produtor Rural* n.32.

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. *Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical*. Guaíba: Agropecuária, 2001

CHANAMÉ, C.E.M. *Herança da tolerância ao estresse hídrico em tomateiro*. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras- MG, 2016.

DU JARDIN, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, v.196, p.3-14, 2016.

FERNANDES, F. B.P.; LACERDA, C.F.; ANDRADE, E.M.; NEVES, A.L.R.; SOUSA, C.H.C. Efeito de manejos do solo no déficit hídrico, trocas gasosas e rendimento do feijão-de-corda no semiárido. *Revista de Ciência Agronômica*, v.46, n.3, p.506-515, Fortaleza-CE, 2015.

IBGE *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

JAYME-OLIVEIRA, A.; RIBEIRO JÚNIOR, W.Q.; RAMOS, M.L.G.; ZIVIANI, A.C.; JAKELATIS, A. Amaranth, quinoa, and millet, growth and development under different water regimes in the Brazilian Cerrado. *Rev. Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília-DF, v.52, n.8, p.561-571, 2017.

KARNOK, K.J. Promises, promises: can biostimulants deliver? *Golf Course Management*, v.68, p.67-71, 2000. Online. Disponível em: <http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/94cfd5a0ed0843028525781c0065437e/%24FILE/03%20NA.Karnock.Golf%20Course%20Management%20promises%20promises%20biostimulants%202000.pdf> Acesso em: 20 maio 2019.

LONG, E. *The importance of bioestimulants in turfgrass management*. 2004. Disponível em: <http://www.golfenviro.com/Article%Archive/Biostimulants-Roots.htm> Acesso em: 3 dez. 2018.

MACEDO, A.C. *Influência de bioestimulante no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas em condições de ambiente protegido*. Relatório de Iniciação Científica (Bacharelado em Ciências Biológicas) apresentado ao Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista –

UNESP, Campus de Botucatu. 2010. 21p.

MARTINS, G. Produção de tomate em ambiente protegido. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE*, 2, 1991, Jaboticabal. *Anais Jaboticabal*: UNESP, FUNEP, 1991. p.219-30.

MARULANDA, A.; BAREA, J.M.; AZCÓN, R. Stimulation of Plant Growth and Drought Tolerance by Native Microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from Dry Environments: Mechanisms Related to Bacterial Effectiveness. *In: Journal of Plant Growth Regulation* 28(2):115-124, June 2009

MAZUELA, P.; CEPEDAS, B.; CUBILLOS, V. *Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum sobre la producción y calidad en tomate cherry*. IDESA (Chile), v.30, n.3, p.77-81, 2012.

MEIRELLES, A.F.M.; BALDOTTO, M.A.; BALDOTTO, L.E.B. Produtividade da alface (*Lactuca sativa* L.) em resposta à aplicação de ácidos húmicos e bactérias diazotróficas, em condições de campo. *Revista Ceres*, Viçosa-MG, v.64, n.5, p.553-556, 2017.

MELÉM JUNIOR, N.J.; CARNEIRO, C.E.A.; BRITO, O.R.; FRANCHINI, J.C.; GUEDES, M.C.; BRITO, R.M.; CUNHA, F.S. *Proporção de carbono lábil/carbono total do solo após aplicação de resíduos orgânicos*. FertBio. 2008.

MIRANDA, G.M.C. *Importância da cultura do tomateiro. Cenário futuro do negócio agrícola de Minas Gerais – Cenário futuro para a cadeia produtiva de olerícolas em Minas Gerais*, Viçosa-MG, v.1, 1995. p.48-68.

MORALES, R.G.F. *Resistência ao déficit hídrico em famílias de tomateiro derivados de *Solanum pennellii**. Tese (doutorado em Agronomia/Fitotecnia), Universidade Federal de Lavras- UFLA, Lavras- MG. 2012.

OLIVEIRA, A.B.; ALENCAR, N.L.M.; GOMÉS-FILHO, E. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. *In: AKINCI, S. (ed.) Responses of organisms to water stress*. INTECH, 2013, p.67-94.

PELLEGRINO, G.Q.; ASSAD, E.D.; MARIN, F.R. Mudanças climáticas globais e a Agricultura no Brasil. *Revista Multiciência*, Campinas-SP. n.8, p.139-162, 2007.

RENGASAMY, K.R.R.; KULKARNI M.G.; STIRK W.A.;VAN STADEN J. Eckol - a new plant growth stimulant from the brown seaweed *Ecklonia maxima*. *Journal of Applied Phycology*, v.27, p.581-587, 2015.

RUSSO, R.O.; BERLYN, G.P. Vitamin-humic-algal root biostimulant increases yield of green bean. *Hortscience*, St. Joseph, v.27, n.7, p.847, 1992.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, n.3.p.287-294, 1998.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Artmed, p.739-774, 2010.
- TOSTA, A.L. *Tolerância ao deficit hídrico e eficiência do uso de água em genótipos de cebola*. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Goiás- UFG, Goiânia – GO, 2014.
- VASCONCELOS, A.C.F de. 2006. *Uso de bioestimulantes nas culturas de milho e soja*. 2006. 111f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2006.
- ZANDONADI, D. B.; SANTOS, M. P.; MEDICI, L. O.; SILVA, J. 2014. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. *Horticultura Brasileira*, 32:14-20.
- ZHANG, X.; ERVIN, E.H. Physiological effects of liquid applications of a seaweed extract and a humic acid on creeping bentgrass. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.128, n.4, p.492-496, 2003.
- ZIAF, K.; LOUKEHAICH, R.; GONG, P.; LIU, H.; HAN, Q.; WANG, T.; LI, H.; YE, Z. A multiple stress-responsive gene *ERD15* from *Solanum pennellii* confers stress tolerance in tobacco. *Plant Cell Physiology*, Oxford, v.52, n.6, p.1055-1067, 2011.

## 3 CAPÍTULO I

### **Ação de bioestimulantes nos componentes de produção, nas trocas gasosas e na eficiência no uso da água no tomateiro cultivado sob restrição hídrica**

#### Resumo

As altas temperaturas e, principalmente a baixa disponibilidade de água nos solos afetam negativamente a produtividade das culturas. Esses fatores atuam comprometendo o uso da água, a eficiência na assimilação de luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes nos processos fisiológicos da planta. O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes tipos de bioestimulantes e seus efeitos nas trocas gasosas do tomateiro crescido sob regime de restrição hídrica. O ensaio foi conduzido dentro de câmara de crescimento, com controle total do ambiente. O experimento foi montado em esquema fatorial (2 x 4) + 2, sendo dois intervalos de porcentagem de água no solo (100-80% e 70-50%) e quatro bioestimulantes (três pré-comerciais e um comercial) e dois tratamentos controle, sem aplicação de bioestimulante, um para cada condição de umidade do solo, perfazendo um total de 10 tratamentos. Os produtos bioestimulantes avaliados são de grupos distintos, sendo um microrganismo ativo, um do grupo dos aminoácidos e dois à base de ácido húmico. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados, num total de quatro blocos e duas plantas por parcela, perfazendo um total de 80 unidades experimentais. Durante o ciclo de cultivo, foram feitas medições de trocas gasosas com medidor portátil de fotossíntese (IRGA Li-Cor 6400XT) e, ao final, determinados os componentes de produção. As plantas submetidas a menor disponibilidade de água apresentaram maior concentração interna de carbono (Ci). Os bioestimulantes em estudo proporcionaram às plantas maior abertura estomática, resultando em maior

assimilação de CO<sub>2</sub>. Houve maior eficiência em EUA<sub>int</sub> e EUA<sub>inst</sub> pelos tomateiros tratados com os bioestimulantes na condição de menor fornecimento de água. O uso de bioestimulantes afetou positivamente a produção do tomateiro nas plantas submetidas a estresse hídrico, proporcionando produção total similar aos tratamentos sem estresse. Os bioestimulantes mostraram resultados promissores na atenuação do estresse do tomateiro quando cultivado em condições de restrição de água.

Palavras-Chave: *Solanum lycopersicum*, Ácidos Húmicos. Aminoácidos. Estresse Abiótico. Levedura.

### 3 CHAPTER I

#### **Biostimulant effects on production components, on gas exchange, and on water use efficiency of tomatoes growing under water deficit**

##### Abstract

High temperatures and especially low availability of water in soils affect crop yields negatively, compromising water use, efficiency in light absorption, CO<sub>2</sub>, and nutrients in plant physiological processes. This paper aimed to evaluate different biostimulants and their effects on gas exchange of tomato plants growing under water deficit conditions. The experiment was carried out under climate greenhouse and environment total control, in a factorial scheme [(2x4)+2], two soil water intervals (100-80% and 70-50%), four biostimulants (three pre-commercial and one commercial), and two control treatments (without biostimulant application), one for each stress condition, totaling ten treatments. The biostimulant products evaluated are from different groups, one group of active microorganism, one group from amino acid group, and two groups of humic acid-based. The treatments were arranged in a randomized block design (four blocks) and two plants per plot, totaling eighty experimental units. Gas exchange was measured during crop cycle using portable photosynthesis meter (IRGA Li-Cor 6400XT), and components were determined at the end the yield. Plants under lower water availability showed higher internal carbon concentration (iC). These biostimulants under study provided a larger stomatal opening to the plants, resulting in a greater CO<sub>2</sub> absorption. There was higher efficiency in EUA<sub>int</sub> and EUA<sub>inst</sub> for tomato plants treated with

biostimulants under the lower water supply condition. The use of biostimulants affected tomato yield in plants under water stress positively, providing total yield similar to treatments without stress. Biostimulants showed promising results in tomato stress attenuation when cultivated under water deficit conditions.

KEYWORDS: *Solanum lycopersicum*. Abiotic stress. Aminoacids. Humic acids. Yest.

### 3.1 Introdução

Estresses abióticos como a baixa disponibilidade de água nos solos afetam negativamente a produtividade das culturas. Levando em conta os avanços das mudanças climáticas que governam as alterações nos ecossistemas, poderá haver intensificação desses estresses, influenciando sobremaneira a produção agrícola mundial (PELLEGRINO; ASSAD; MARIN, 2007).

O uso de bioestimulantes tem crescido mundialmente como alternativa para auxiliar as plantas quando experimentam condições adversas. Segundo dados da European Biostimulant Industry Council (EBIC), no ano de 2019, o mercado de bioestimulantes atingiu o valor global de 2,6 bilhões de dólares e a projeção é que chegue a 4,9 bilhões até 2025.

A EBIC define como bioestimulante o produto que contenha substâncias e/ou microrganismos cuja função ao ser aplicado nas plantas ou na rizosfera (solo) é estimular processos naturais que promovam o aumento da absorção e a eficiência de uso de nutrientes, melhora a tolerância a estresses abióticos e a qualidade dos produtos agrícolas.

O estresse hídrico pode reduzir radicalmente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, promovendo um desarranjo fotossintético, uma vez que ocorrem alterações na condutância estomática causadas pela assimilação de CO<sub>2</sub>, que é influenciada pela alta demanda de água pela cultura, necessitando, portanto, de uma quantidade de água adequada para seu desenvolvimento (MORAIS *et al.*, 2017).

Os bioestimulantes têm sido apontados como um dos agentes que regulam os estresses hídricos na planta. Nardi *et al.* (2016) pontuam que os diferentes tipos de bioestimulantes têm potencial para melhorar a biomassa das plantas, o rendimento das culturas e a resistência a vários tipos de estresse, entre eles o estresse hídrico e salino.

Os bioestimulantes à base de substâncias húmicas, aminoácidos (SANTOS A. 2012) e extrato de algas (KHAN *et al.*, 2009) têm como principal função aumentar a absorção e a assimilação de nutrientes, além da regulação do metabolismo, entre eles a respiração e a fotossíntese. E quando associados a microrganismos, desempenham papel ainda mais promissor. Canellas *et al.* (2013) verificaram que a inoculação de milho com substâncias húmicas e a bactéria *H. seropedicae* induziu substancialmente o crescimento de raízes laterais com a estimulação da membrana plasmática (H<sup>+</sup> ATPase). A indução do crescimento radicular pela aplicação de bioestimulantes (LANA *et al.*, 2009) faz com que as plantas acionem rapidamente seus mecanismos de defesa quando submetidas a condições desfavoráveis como o estresse hídrico (CARVALHO *et al.*, 2013). Nesse sentido, fazem-se necessários o entendimento e o embasamento científico de como os bioestimulantes podem ajudar na redução de estresses abióticos, como o estresse hídrico, que é um dos grandes problemas enfrentados pela produção agrícola mundial. o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes grupos de bioestimulantes na cultura do tomateiro cultivado sob diferentes níveis de disponibilidade de água no solo.

### 3.2 Material e métodos

O ensaio foi conduzido dentro de câmara de crescimento, tipo Fitotron, com controle total do ambiente, nas dependências do laboratório de nutrição de plantas, da Embrapa Hortaliças – DF, localizada entre a latitude 15° 56” S e longitude 48° 08” W e altitude de 997,6 m. As condições controladas de cultivo dentro da câmara foram: temperatura = 25 °C; intensidade luminosa (PAR) = 400  $\mu\text{mols m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ; umidade relativa 70-60%; e fotoperíodo 12 horas.

O experimento foi montado em esquema fatorial (2 x 4) + 2, sendo dois intervalos de água no solo, equivalentes à capacidade de campo, (80-100% e 50-70%) e quatro bioestimulantes (três pré-comerciais e um comercial) e dois tratamentos controle, sem aplicação de bioestimulante, um para cada condição de estresse, perfazendo um total de 10 tratamentos. Os produtos bioestimulantes avaliados foram de grupos distintos, sendo um à base de microrganismo ativo, um do grupo dos aminoácidos e dois à base de ácidos húmicos. Os tratamentos foram dispostos em delineamento em blocos casualizados num total de quatro blocos e duas plantas por parcela, perfazendo um total de 80 unidades experimentais.

As unidades experimentais foram constituídas de vasos plásticos com capacidade para 3 dm<sup>3</sup>, preenchidos com solo (Latosolo Vermelho Amarelo distrófico) previamente esterilizado e posteriormente adubado de acordo com a análise química e necessidade da cultura. Como adubação de base, foram adicionados 2,00 gramas da formulação 4-14-8 por unidade experimental. Os demais nutrientes e as adubações de cobertura foram adicionadas parceladamente na forma de solução nutritiva contendo especialmente micronutrientes. A Tabela 1 mostra a composição dos tratamentos a ser observada.

A semeadura do tomateiro BRS Finestra foi feita em bandejas de isopor contendo 120 células. As mudas foram transplantadas aos 25 dias após a semeadura. O tomateiro BRS Finestra tem características que ajudaram no manejo e condução do experimento, por ser uma planta de porte compacto e crescimento determinado. Tem ciclo de cultivo de 50 a 55 dias após transplante, tendo sua colheita início 60 dias após transplante, estendendo-se por 30 dias (EMBRAPA, 2014).

As quantidades dos produtos bioestimulantes à base de ácidos húmicos e aminoácidos foram estimadas em função da recomendação do fabricante para a cultura do tomateiro. Foram adicionados 50 mL do bioestimulante Y-CNPH à base de microrganismo. Esse bioestimulante contém cepas da levedura adicionada na formulação após seu crescimento ótimo em meio de cultura específico. A contagem das células no meio de cultura foi feita pela leitura da densidade ótica a 600 nm, após 72 h de crescimento.

Foram feitas duas aplicações, a primeira 15 dias após transplante e a segunda aos 45 dias após transplante, tendo coincidido com o período de amplo florescimento do tomateiro e início da frutificação.

### 3.2.1 Definição das quantidades de água por intervalo de umidade do solo

As porcentagens de água no solo variaram de maneira a induzir o estresse hídrico para a cultura tomateiro. Assim, para estimar as quantidades de água equivalentes aos intervalos de umidade do solo, foi adotada a metodologia de Silva, E. *et al.* (2015). Para os testes de determinação do nível de retenção de água no solo, foram utilizados 10 vasos de 3 dm<sup>3</sup>, perfurados no fundo, os quais foram preenchidos com 2,70 kg de solo, seguido da adição de 1,5 L de água para elevar o solo à saturação. Logo

em seguida, os vasos foram cobertos com plástico para evitar perda de água por evaporação e colocados sob um coletor. Após 24 horas, os volumes de água drenada foram coletados e medidos. Imediatamente após a remoção da água drenada, os vasos foram pesados. Tendo como referência a média dos pesos, foi determinado o peso padrão para a máxima quantidade de água retida pelo solo, sendo este peso considerando a capacidade de campo do solo. Esta informação foi utilizada para ajustar a disponibilidade de água durante o experimento.

Tabela 1 - Identificação dos tratamentos em função dos bioestimulantes e intervalo de água no solo estimado em função da sua capacidade de campo

<b>Tratamento</b>	<b>Produto</b>	<b>Umidade do Solo (% da CC)</b>
<b>T1 (controle)</b>	Sem Bioestimulantes	80-100
<b>T2</b>	Y-CNPH (pré-comercial) <sup>1/</sup>	80-100
<b>T3</b>	BG – Black Gold <sup>2/</sup>	80-100
<b>T4</b>	AM – Pré-comercial <sup>3/</sup>	80-100
<b>T5</b>	SH – Pré-comercial <sup>2/</sup>	80-100
<b>T6</b>	Y-CNPH (pré-comercial)	50-70
<b>T7</b>	BG – Black Gold	50-70
<b>T8</b>	AM – Pré-Comercial	50-70
<b>T9</b>	SH – Pré-Comercial	50-70
<b>T10 (controle)</b>	Sem Bioestimulantes	50-70

<sup>1/</sup>produto à base de microrganismo em fase de desenvolvimento na Embrapa Hortaliças; <sup>2/</sup>produto à base de substâncias húmicas extraído da Leonardita; <sup>3/</sup>produto à base de aminoácidos

Durante a condução do experimento, para a correta reposição da água para restabelecimento dos intervalos de umidade, a massa dos vasos com as plantas foi determinada semanalmente, e os valores, subtraídos do peso do vaso. Este procedimento foi feito para evitar a interferência do peso da biomassa da planta no peso padrão dos vasos em cada tratamento de irrigação (BERNARDO; SOARES, A.; MANTOVANI, 2006; KLAR, 1991). Diariamente, até o final do experimento, o teor de umidade do substrato foi mantido nos limites superiores de cada intervalo umidade (100-80% de capacidade de campo – CC; e de 70-50% da CC), pela pesagem de quatro vasos com plantas de cada tratamento para obter a média ponderada e calcular a quantidade de água a ser repostas.

### 3.2.2 Avaliação de trocas gasosas e eficiência de uso de água do tomateiro

Durante o ciclo de cultivo, foram feitas medições de trocas gasosas com o equipamento IRGA (LI-6400XT; LI-COR Inc., Lincoln, NE, EUA), equipado com fluorímetro modulado (LCF-40 LI-COR Inc.), sob saturação de radiação

fotossinteticamente ativa de  $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , fluxo de  $\text{CO}_2$  e de ar equivalentes a  $400 \mu\text{mol s}^{-1}$  e  $300 \mu\text{mol s}^{-1}$ , respectivamente. Foram determinadas fotossíntese, transpiração, condutância estomática, transpiração e assimilação de  $\text{CO}_2$ . As plantas utilizadas nas leituras foram as mesmas utilizadas para determinação da água a ser restituída. A seleção das folhas foi feita conforme Silva, T. (2017), utilizando a terceira folha do terceiro ramo foliar. As leituras foram feitas aos 34 dias após o transplântio, entre 8 h e 10 h da manhã.

### 3.2.3 Avaliação dos componentes de produção do tomateiro

Após o período de cultivo, foi feita a colheita do tomateiro BRS Finestra, tendo sido avaliadas as variáveis componentes da produção, compreendendo produção total, peso médio de frutos, teor de sólidos solúveis totais ( $^{\circ}\text{Brix}$ ), percentagem de frutos maduros/verdes, percentagem de frutos maduros, diâmetro longitudinal e altura dos frutos, massa fresca e seca dos frutos e plantas e diâmetro do caule.

Após a coleta das plantas, foram feitas as análises dos teores de carbono lábil (Clabil) com uso da solução de Permanganato de Potássio ( $\text{KMnO}_4$ )  $0,033 \text{ mol L}^{-1}$  (WEIL *et al.*, 2003) e os teores de Carbono Orgânico (Corg) por solução ácida de Dicromato de potássio ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) para a oxidação quantitativa de carbono (DEFELIPO; RIBEIRO, 1981).

### 3.2.4 Análises estatísticas

Os dados foram analisados por meio da Análise de variância (ANOVA), e a diferença entre os tratamentos, avaliada por meio dos testes de médias, Tukey ou Scott-Knott, utilizando o software SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

## 3.3 Resultados e discussão

### 3.3.1 Efeitos dos bioestimulantes nos componentes da produção

A tabela 1A mostra as alterações nas variáveis componentes da produção do tomateiro quando crescido em duas condições de água no solo e tratado com

bioestimulantes. Houve variações distintas em relação ao estresse hídrico e à aplicação dos produtos. Quando se comparou o grupo de médias dos tratamentos sem estresse com aqueles sob estresse, foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) apenas para as variáveis número total de frutos (NTF), comprimento longitudinal do fruto (CLF), matéria seca de parte aérea (MPAS) e diâmetro do caule (DC). Na condição de estresse, apenas o CLF foi superior, indicando que o menor fornecimento de água alterou o formato dos frutos.

Deve-se destacar que a produção total não foi afetada pela condição de estresse, evidenciando o efeito positivo da aplicação dos bioestimulantes na manutenção da produção do tomateiro nos tratamentos com menor fornecimento de água. Esse efeito benéfico, mesmo não sendo observado para todos os bioestimulantes, fica mais evidente quando comparadas as médias dos tratamentos na condição de 50-70% da CC do solo. As plantas que receberam a aplicação do produto à base de ácidos húmicos (BG e SH) e aminoácidos (AM) tiveram produções estatisticamente superiores ao tratamento controle e onde se aplicou o microrganismo Y-CNPH.

O desdobramento da interação Bioestimulantes *vs.* Condição de estresse (Tabela 1A) deixa claro o efeito positivo dos bioestimulantes BG e SH, uma vez que não houve diferenças entre a produção total nas diferentes condições de água no solo. Já para o produto pré-comercial AM, à base de aminoácidos, seu efeito foi bem mais destacado, porque, além de diferir estatisticamente ( $p>0,05$ ), a produção na condição de estresse foi 14% superior à produção em condições ideais de água no solo. Esse padrão não foi observado para Y-CNPH, que apresentou menor produção entre os tratamentos sob estresse, diferindo também da sua aplicação na condição de 80-100% da CC do solo. No último caso, a diferença mostrada no desdobramento da interação foi altamente significativa.

Tabela 2 - Componentes da produção do BRS Finestra tratado com bioestimulantes, cultivado sob dois intervalos de água no solo. PTOT: Produção total (g); NTF: Número Total de Frutos; FMADU: Número de frutos maduros; DFRUTO: Diâmetro de Frutos (cm); CLF: Comprimento longitudinal de fruto (cm); PMFRUTO: Peso médio de frutos (g/fruto); MPFA: Massa de parte aérea fresca (g); MPAS: Massa parte aérea seca (g); DC: Diâmetro de caule (cm); SST: Sólidos Solúveis totais (°Brix). Valores médios de quatro repetições

ESTIMULANTE	PTOT	NFT		FMADU		DFRUTO		CLF		PMFRUTO		MPFA		MPAS		DC		SST												
----- 80 – 100% -----																														
SEM	206,83	A	a	13,50	A	b	6,25	A	a	31,69	A	a	31,61	B	a	15,36	A	a	74,25	A	b	9,72	A	b	10,2225	A	a	4,23	A	b
Y-CNPH <sup>1/</sup>	190,91	A	a	17,00	A	a	4,75	A	a	29,09	A	a	26,52	B	b	11,32	A	b	126,36	A	a	14,13	A	a	10,155	A	a	5,30	A	a
BG <sup>2/</sup>	217,27	A	a	17,50	A	a	7,75	A	a	31,45	A	a	28,96	B	b	12,67	A	b	83,42	A	b	11,43	A	a	8,685	A	a	4,5	A	b
SH <sup>2/</sup>	206,72	A	a	15,75	A	a	7,75	A	a	30,98	A	a	28,07	B	b	13,31	A	a	86,35	A	b	12,25	A	a	9,5675	A	a	4,33	A	b
AM <sup>3</sup>	189,97	A	a	17,75	A	a	8,00	A	a	31,94	A	a	31,34	B	a	10,74	A	b	66,80	A	b	9,13	A	b	9,5125	A	a	4,28	A	b
----- 50 – 70% -----																														
SEM	186,78	A	b	12,5	B	a	6,00	A	a	33,66	A	a	33,58	A	a	15,00	A	a	88,69	A	a	12,30	B	a	9,73	B	a	4,95	A	a
Y-CNPH	154,46	A	c	16,5	B	a	7,25	A	a	27,84	A	b	25,30	A	b	9,45	A	b	78,82	A	a	10,85	B	a	9,088	B	a	5,55	A	a
BG	212,16	A	a	15,75	B	a	6,50	A	a	31,63	A	a	30,925	A	a	13,62	A	a	75,79	A	a	10,18	B	a	8,45	B	b	4,38	A	b
SH	209,34	A	a	14,75	B	a	7,00	A	a	31,86	A	a	31,42	A	a	14,45	A	a	80,80	A	a	10,53	B	a	8,05	B	b	4,35	A	b
AM	221,00	A	a	15,00	B	a	6,25	A	a	32,69	A	a	31,8125	A	a	15,02	A	a	79,10	A	a	11,02	B	a	9,69	B	a	4,45	A	a

Médias seguidas por letras maiúsculas entre as condições de água no solo e minúsculas entre os bioestimulantes diferem entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. <sup>1/</sup>produto à base de microrganismo em fase de desenvolvimento na Embrapa Hortaliças; <sup>2/</sup>produto à base de substâncias húmicas extraído da Leonardita; <sup>3/</sup>produto à base de aminoácidos.

Para número total de frutos, não houve diferença estatística entre os bioestimulantes na menor condição de água no solo 50-70% da CC, já na umidade de 80-100%, o tratamento controle diferiu dos demais, apresentando o menor número de frutos. Tanaka *et al.* (2003), avaliando diferentes bioestimulantes no cultivo do tomateiro, constataram que aquele à base de aminoácidos apresentou o maior número total de frutos em comparação aos biofertilizantes contendo micronutrientes. De outro modo, Silva, T. (2017) observou que a aplicação de bioestimulantes em diferentes épocas não interferiu no número total de frutos. Já Mazuela, Cepedas e Cubillos (2012) constataram que a aplicação de bioestimulantes tem efeito positivo em relação à qualidade e na produção do tomateiro, que é influenciada diretamente pelo número total de frutos.

Em relação ao diâmetro de frutos, o tratamento com Y-CNPH apresentou diâmetro de frutos estatisticamente inferior aos demais produtos na condição de menor teor umidade (50-70%). Na capacidade de campo 80-100%, o tratamento controle e o SH apresentaram os maiores comprimentos de fruto, diferindo dos demais bioestimulantes. O tratamento Y-CNPH diferiu dos demais tratamentos quando a capacidade de campo era 50-70%, com menor índice de comprimento de frutos.

Para o comprimento longitudinal dos frutos, o uso dos produtos BG, SH e Y-CNPH alterou o formato dos tomates. Na condição sem estresse, o uso desses bioestimulantes reduziu significativamente o CLF dos tomates. O uso do Y-CNPH promoveu redução significativa no comprimento dos frutos em ambas as condições de fornecimento de água. Entre os bioestimulantes, apenas AM não alterou os padrões de formato dos frutos, que foram similares ao tratamento controle no intervalo de 80-100% da CC. Em estudos na cultura do melão, Santos, A. (2012) verificaram que o comprimento médio dos frutos não diferiu nos tratamentos com e sem aplicação de bioestimulantes nas plantas. Por outro lado, com a aplicação do mesmo bioestimulante, Martins *et al.* (2013) observaram redução de 4,25% em relação aos frutos de melancia que não foram submetidos à aplicação do produto.

Em geral, o bioestimulante AM apresentou os melhores resultados quando aplicado no nível de estresse a 50-70% para a maioria das variáveis analisadas. Tanaka *et al.* (2003) também mencionam que as plantas de tomateiro foram beneficiadas durante todo o ciclo de cultivo, pois os aminoácidos participam de diferentes processos fisiológicos e bioquímicos, principalmente quando se refere à regulação do balanço hídrico nas plantas.

Os bioestimulantes AM e o tratamento controle apresentaram os maiores pesos médios de fruto em relação aos demais na faixa de umidade de 80-100%. Quando avaliados sob estresse (50-70% da CC), o tratamento que recebeu o Y-CNPH apresentou o menor peso médio de frutos entre aos bioestimulantes testados. O bioestimulante AM, à base de aminoácidos, favoreceu também o aumento do peso dos frutos e o teor de sólidos solúveis totais. Não houve diferença estatística entre os bioestimulantes para as variáveis massa seca de frutos e número de frutos maduros.

Na condição de 80-100% da CC, o tratamento Y-CNPH apresentou a maior massa fresca de parte aérea, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Isso pode ser explicado diante do fato de o produto pré-comercial Y-CNPH apresentar, em sua constituição, microrganismo que produz, por meio do seu metabolismo, hormônio associado ao crescimento vegetativo das plantas. Quando avaliado na condição de restrição hídrica 50-70% da CC, não houve diferença estatística entre os bioestimulantes.

O tratamento com Y-CNPH diferiu estatisticamente dos demais tratamentos no que concerne aos teores de sólidos solúveis totais na umidade do solo equivalente a 80-100% da CC. Na condição de 50-70%, os bioestimulantes SH, Y-CNPH e tratamento controle diferiram estatisticamente dos bioestimulantes BG e AM. Yildirim (2007) relatam que a aplicação de substâncias húmicas promove aumento dos sólidos solúveis totais nos frutos do tomateiro. Pelo fato de a capacidade das substâncias húmicas quelar íons e também estimular o crescimento radicular, ela faz com que um dos principais benefícios seja o aumento da absorção de nutrientes pelas plantas assim como a capacidade de tolerância ao estresse hídrico (CALVO; NELSON; KLOEPPER, 2014).

Não houve diferença entre os bioestimulantes quando aplicados na condição hídrica de 80-100% da capacidade de campo para diâmetro de caule. O tratamento controle, SH e Y-CNPH na condição de restrição hídrica 50-70% apresentaram os melhores diâmetros em relação aos bioestimulantes AM e SH. Brito *et al.* (2015) observaram que plantas sob estresse hídrico desenvolvem mecanismos de tolerância, como, por exemplo, aumento de fitomassa do caule em relação às folhas.

### 3.3.2 Efeitos nos teores de carbono total e carbono ativo do solo

Os teores de carbono orgânico no solo se mostraram dependentes do teor de água no solo (Tabela 3). Dos tratamentos analisados, para a condição de 80-100%, os

bioestimulantes AM e BG apresentaram teores de carbono equivalentes a 21,33 g/kg e 21,82 g/kg, respectivamente, não diferindo entre si. Já os tratamentos com Y-CNPH (18,99 g/kg) e SH (19,29 g/kg) apresentaram os menores teores de carbono orgânico na condição hídrica 80-100%. O tratamento controle, sem a adição de bioestimulantes, obteve os maiores teores de Corg 28,44 g/kg de solo, se sobressaindo em comparação aos demais tratamentos. Não houve diferença estatística entre as médias dos tratamentos controle, Y-CNPH e BG na condição de restrição de água de 50-70% da CC, porém esses produtos diferiram dos tratamentos que receberam os produtos AM e SH.

Os teores de carbono lábil no solo diferiram estatisticamente em relação às capacidades de campo a que foram submetidas. Para os valores de 80-100%, houve diferença estatística entre o tratamento controle e os bioestimulantes testados. Tal diferença não foi observada entre os tratamentos na condição de 50-70%.

Na relação Clabil/Corg, são observadas diferenças estatísticas entre as porcentagens de água no solo, sendo que na faixa de umidade 80-100% o tratamento controle apresentou maior porcentagem (14,49%) em relação aos demais tratamentos, e na condição 50-70%, o uso do bioestimulante SH apresentou a menor porcentagem (7,35%) de Clabil em relação ao Corg, diferindo também estatisticamente dos demais.

O tratamento controle apresentou os maiores percentuais de Clabil e Corg no solo para as duas faixas de disponibilidade de água estudadas, exceto para o valor de Corg na condição de menor fornecimento de água. A quantidade de argila presente nos solos pode beneficiar a estabilização da matéria orgânica, promovendo formação de complexos organominerais, evitando, assim, a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos (CANELLAS *et al.*, 2001). Além disso, o aporte de matéria orgânica ou de microrganismos pelo uso dos bioestimulantes pode ter induzido maior atividade biológica do solo que, por sua vez, utilizou essa fração do carbono como fonte de energia. Estes processos podem explicar os maiores teores de carbono lábil e carbono orgânico no solo do tratamento controle.

As menores quantidades de Clabil e Corg nos tratamentos com bioestimulantes podem ser explicadas pelo fato de que a ação dos microrganismos pode ser influenciada pela umidade e temperatura do solo. Quando a matéria orgânica do solo fica exposta, a ação dos microrganismos é mais rápida, acarretando uma perda quantitativa de C no solo (SORDI, 2009).

Tabela 3 - Teores de carbono orgânico (C<sub>ORG</sub>), carbono lábil (C<sub>LABIL</sub>) e relação entre as duas frações no solo após cultivo de tomateiro BRS Finestra tratado com bioestimulantes, sob dois níveis de água no solo

Bioestimulante	C <sub>ORG</sub> (g/kg)			C <sub>LABIL</sub> (g/kg)			C <sub>LABIL</sub> /C <sub>ORG</sub> (%)		
	80-100% CC								
Sem Bioestimulantes	28,44	A	A	4,12	A	a	14,49	A	a
Y-CNPH <sup>1/</sup>	18,99	A	C	1,74	A	b	9,28	A	b
BG <sup>2/</sup>	21,82	A	B	1,82	A	b	8,42	A	b
SH <sup>2/</sup>	19,29	A	C	1,92	A	b	9,93	A	b
AM <sup>3/</sup>	21,33	A	B	1,56	A	b	7,35	A	b
70 – 50 % CC									
Sem Bioestimulantes	16,85	B	A	1,40	B	a	8,40	B	b
Y-CNPH	15,49	B	A	1,24	B	a	7,95	B	b
BG	14,90	B	A	1,24	B	a	8,36	B	b
SH	12,37	B	B	1,34	B	a	10,74	B	a
AM	14,12	B	B	1,26	B	a	8,95	B	b

Médias seguidas por letras maiúsculas entre as condições de água no solo e minúsculas entre os bioestimulantes diferem entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. <sup>1/</sup>produto à base de microrganismo em fase de desenvolvimento na Embrapa Hortaliças; <sup>2/</sup>produto à base de substâncias húmicas extraído da Leonardita; <sup>3/</sup>produto à base de aminoácidos.

### 3.3.3 Efeitos nas Trocas Gasosas

Na tabela 4 estão os dados de trocas gasosas medidos com auxílio do IRGA. Considerando o grupo das médias dos tratamentos sem e com estresse em razão da diferença na irrigação, foram observadas diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) para as variáveis relacionadas ao CO<sub>2</sub> interno (Ci), à eficiência de uso da água instantânea (EUAinst) e à eficiência de uso da água intrínseca (EUAint).

Embora a média dos tratamentos sob condição de restrição hídrica (50-70% da CC) tenha apresentado Ci superior em relação aos tratamentos sob fornecimento de água entre 80-100% da CC, podendo suscitar que as plantas em condição de estresse tenham mostrado maior eficiência de uso do CO<sub>2</sub>, observa-se que o maior valor observado no tratamento controle de 306,15  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>, muito superior aos demais, de certo modo, influenciou a média geral. O desdobramento da interação Bioestimulante vs. nível de CC (Tabela 3A) mostrou que não houve diferenças significativas entre as plantas que receberam os bioestimulantes nas duas condições. No entanto, é importante observar que esse dado mostra que as plantas quando experimentam condição de estresse hídrico aumentam sua concentração de CO<sub>2</sub>. Em relação ao uso da água instantânea e intrínseca, as plantas crescidas na condição de 80-100% da CC apresentaram, na média entre os grupos, maiores valores de eficiências de uso, muito provavelmente em razão também da maior quantidade de água disponível no solo.

Não houve diferenças estatísticas para a assimilação de CO<sub>2</sub> ou taxa

fotossintética ( $A$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $G_s$ ,  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ,  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de vapor d'água), temperatura da folha ( $T_{\text{leaf}}$ ) e eficiência da carboxilação instantânea ( $\text{Carbox}$ ). Esses dados diferem dos observados por Soares, L. *et al.* (2012), que, estudando diferentes lâminas de irrigação na cultura do tomateiro, verificaram redução na condutância estomática e nas taxas de transpiração na condição de restrição hídrica. Vale salientar que esse processo é ocasionado pela diminuição do potencial da água na folha, influenciando diretamente no fechamento estomático, na redução na condutância estomática e, por conseguinte, no declínio na transpiração (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, pode-se inferir que os bioestimulantes tenham afetado positivamente  $G_s$  pela regulação da abertura e fechamento dos estômatos. Por outro lado, o hormônio vegetal ácido abscísico (ABA) tem se mostrado mediador das respostas estomáticas na planta, participando dos mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, aumentando, assim, seus níveis nessas condições (SILVA, V., 2007). Esse aumento de concentração se dá pelo resultado da biossíntese das folhas, redistribuição nas células do mesófilo e translocação de ABA sintetizado das raízes para a parte aérea. Além disso, maiores concentrações de ABA têm sido associadas a maior tolerância ao déficit hídrico em diversas espécies de plantas, como tomateiro (OLIVEIRA, M. *et al.*, 2002; THOMPSON; LEGGE; BARBER, 1997), tabaco (QIN; ZEEVAART, 1999), e videira (IACONO; BUCCELA; PETERLUNGER, 2008).

Para temperatura da folha ( $T_{\text{LEAF}}$ ), não houve diferença significativa quando comparada às condições hídricas de 80-100% e 50-70%. No entanto, a aplicação dos bioestimulantes promoveu aumento da temperatura foliar em ambos os níveis de água no solo.

Tabela 4 - Trocas gasosas e eficiência de uso de água do BRS Finestra tratado com bioestimulante, cultivado sob dois intervalos de água no solo. Assimilação de CO<sub>2</sub> ou taxa fotossintética (A,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); condutância estomática (Gs,  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); CO<sub>2</sub> interno (Ci); transpiração (E,  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de vapor d'água); temperatura da folha (Tleaf); eficiência de uso da água instantânea (EUAinst=A/gs); eficiência de uso da água intrínseca (EUAintr=A/E); eficiência da carboxilação instantânea (CARBOX)

Estimulante	A	GS		Ci		E		TLEAF		EUAinst		EUAintr		CARBOX										
		----- 100 – 80% -----																						
SEM	9,69	A	a	0,2 3	A	a	288,7 8	B	a	3,9 5	A	A	25,4 4	A	c	2,8 3	A	b	56,9 4	A	a	0,0 3	A	b
Y-CNPH <sup>1/</sup>	7,24	A	b	0,1 9	A	b	283,6 5	B	a	3,4 3	A	B	26,0 4	A	a	2,8 6	A	b	61,3 5	A	a	0,0 3	A	a
BG <sup>2/</sup>	9,84	A	a	0,1 9	A	a	283,6 5	B	a	3,4 3	A	A	26,0 4	A	a	2,7 3	A	b	61,3 5	A	a	0,0 3	A	a
SH <sup>2/</sup>	9,19	A	a	0,1 5	A	a	272,3 7	B	a	2,8 9	A	A	26,0 6	A	a	3,2 2	A	a	67,2 8	A	a	0,0 3	A	a
AM <sup>3/</sup>	10,04	A	a	0,2 2	A	b	277,8 2	B	a	3,7 0	A	B	25,7 0	A	b	3,1 8	A	a	63,7 4	A	a	0,0 4	A	a
		----- 70 – 50% -----																						
SEM	12,31	A	a	0,3 0	A	a	306,1 5	A	a	5,1 2	A	A	25,1 6	A	c	2,5 0	B	b	44,7 2	B	b	0,0 4	A	a
Y-CNPH	8,28	A	c	0,1 6	A	c	283,3 9	A	b	3,0 8	A	C	25,9 5	A	a	2,9 7	B	a	60,8 6	B	a	0,0 3	A	b
BG	5,69	A	d	0,1 1	A	d	287,2 3	A	b	2,2 6	A	C	26,0 5	A	a	2,7 2	B	a	59,8 1	B	a	0,0 2	A	c
SH	8,51	A	c	0,1 6	A	c	293,5 4	A	b	3,3 7	A	C	26,0 7	A	a	2,6 0	B	a	53,9 5	B	a	0,0 3	A	b
AM	10,32	A	b	0,2 2	A	b	287,0 2	A	b	3,7 6	A	B	25,5 7	A	b	3,0 2	B	a	57,8 3	B	a	0,0 4	A	b

Médias seguidas por letras maiúsculas entre as condições de água no solo e minúsculas entre os bioestimulantes diferem entre si ao nível 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott. <sup>1/</sup>produto à base de microrganismo em fase de desenvolvimento na Embrapa Hortaliças; <sup>2/</sup>produto à base de substâncias húmicas extraído da Leonardita; <sup>3/</sup>produto à base de aminoácidos.

Avaliando a ação dos bioestimulantes quando aplicados nas plantas nas diferentes condições de água no solo, observa-se que, em geral, houve efeitos estatísticos significativos tanto em relação aos tratamentos controle quanto entre os tipos de bioestimulantes. No entanto, para a condição de 80-100% da CC, não foi possível observar um padrão claro quanto ao efeito dos produtos no comportamento do tomateiro. Destaca-se, porém, aumento da eficiência no uso da água instantânea quando utilizados os produtos AM e SH, à base de aminoácidos e substância húmica, respectivamente. Mesmo apresentando princípio ativo similar ao bioestimulante SH, o produto comercial BG apresentou valor de  $EUA_{inst}$  (2,73 mmol H<sub>2</sub>O) inferior estatisticamente, o que pode estar associado à diferença na composição da substância húmica. Entre as razões que podem afetar a bioatividade das substâncias húmicas, Zandonadi *et al.* (2014) citam as características físico-químicas específicas das substâncias húmicas utilizadas.

Os efeitos dos bioestimulantes nas trocas gasosas ficaram mais evidentes quando as plantas experimentaram condição de estresse hídrico (Tabela 4). As trocas gasosas observadas nas plantas que não receberam bioestimulantes foram bem mais intensas, como evidenciado pelos maiores valores de assimilação de CO<sub>2</sub>, como, por exemplo, o tratamento controle 12,31  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  de CO<sub>2</sub>, explicando de certa forma a menor produção total (Tabela 1).

O uso dos bioestimulantes influenciou significativamente os valores de A, a Gs, o Ci e a E. Para estas variáveis, os valores observados para os tratamentos com bioestimulantes foram inferiores quando comparados ao controle, mas houve reflexos diretos e significativos na eficiência de uso da água instantânea ( $EUA_{inst}=A/gs$ )  $EUA_{inst}$  e na eficiência de uso da água intrínseca ( $EUA_{intr}=A/E$ ). De acordo com Taiz e Zeiger (2009), algumas plantas utilizam variações na rota fotossintética convencional para a fixação do dióxido de carbono, reduzindo substancialmente suas taxas transpiratórias. Ramos (2013) explica que a alta taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> e valores baixos de condutância estomática e taxas de transpiração indicam elevada eficiência no uso da água.

Os valores estatísticos das taxas de eficiência instantânea de carboxilação também confirmam o efeito dos bioestimulantes. Segundo Ferraz *et al.* (2012), quando submetidas a condições de restrição hídrica, as plantas adotam um mecanismo em que permanecem “conservadas”, ocorrendo redução da condutância estomática e da transpiração, aumentando, assim, a eficiência no uso da água. É possível obter a

eficiência no uso da água em longo prazo pelo método gravimétrico, ou seja, pela relação entre a massa seca total (em gramas) das plantas e o volume de água consumida (em kg) pelas plantas durante o ciclo. A eficiência no uso da água vegetal, avaliada em longo prazo, é importante, pois embora medidas momentâneas sejam uma abordagem interessante, podem não refletir com fidelidade o desempenho da planta ao longo de seu ciclo produtivo (VICENTE, 2013).

A eficiência no uso da água é relevante pelo fato de mostrar a capacidade de a planta assimilar CO<sub>2</sub> com o mínimo possível de perda de água, promovendo uma economia de água pelas plantas e, conseqüentemente, maior síntese de fotoassimilados. Diante disso, pode-se inferir que a aplicação dos bioestimulantes atuou na ativação de mecanismos fisiológicos na planta, muito provavelmente na rota fotossintética, conferindo a elas maior eficiência de uso da água quando estão experimentando condições de baixa disponibilidade hídrica. Sendo assim, os bioestimulantes são uma importante ferramenta para auxiliar o produtor na economia de aplicação de água às plantas.

### 3.4 Conclusões

Os estudos desenvolvidos nessa dissertação mostram que:

- a) Os bioestimulantes são uma ferramenta de alto potencial para auxiliar as plantas sob estresse hídrico, aumentando a eficiência de uso da água, podendo, deste modo, promover maior economia na água de irrigação;
- b) O uso de bioestimulantes nas plantas submetidas a estresse hídrico propiciou produção total do tomateiro similar aos tratamentos sem estresse, mas não promoveu aumento da produção em condições ótimas de água no solo;
- c) A diferença na quantidade de água no solo afetou as frações de carbono no solo, tendo os efeitos dos bioestimulantes sido mais marcantes na condição de 80-100% da CC, sendo o SH com maior porcentagem de C no solo;
- d) Houve maior eficiência de uso da água instantânea e da água intrínseca pelos tomateiros tratados com os bioestimulantes, na condição de menor fornecimento de água; e
- e) Os bioestimulantes à base de AM e SH se mostraram mais promissores para uso em plantas de tomateiro quando estiverem experimentando condições de baixa disponibilidade hídrica, sendo necessários mais estudos em áreas produtoras comerciais para validar os resultados obtidos.

### 3.5 Referências

- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. *Manual de Irrigação*. 8.ed. Viçosa: UFV. 2006. 625p.
- BRITO, M.E.B.; SOARES, L.A.A.; LIMA, G.S.; SÁ, F.V.S.; ARAUJO, T.T.; SILVA, E.C.B. Crescimento e formação de fitomassa do tomateiro sob estresse hídrico nas fases fenológicas. *Revista Irriga*, Botucatu, v.20 n.1, p.139-153, 2015.
- CALVO, P.; NELSON, L.; KLOEPPER, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, v.383, n.1-2, p.3-41, 2014.
- CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A.; RUMJANEK, V.M.; MORAES, A.A.; GURIDI, F. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.36, n.12, p.1529-1538, dez. 2001.
- CARVALHO, T.C.; SILVA, S.S.; SILVA, R.C.; PANOBIANCO, M.; MÓGOR, A.F. Influência de bioestimulantes na germinação e desenvolvimento de plântulas de *Phaseolus vulgaris* sob restrição hídrica. *Revista de ciências agrárias*, 2013, p.199-205.
- DEFELIPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. Análise química do solo. Viçosa: UFV, 1981. 17p. *Boletim de Extensão*, 29.
- EMBRAPA. *Cultivares da Embrapa Hortaliças (1981-2013)/Embrapa Hortaliças*. - Brasília, DF: Embrapa, 2014.
- FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Revista Pesquisa Tropical*. v.42, n.2, p.181-188, 2012.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análise e ensino de estatística. *Revista Symposium*, v.6, n.1, p.36-41, 2011.
- IACONO, F.; BUCCELA, A.; PETERLUNGER, E. Water stress and rootstock influence on leaf gas exchange of grafted and ungraf grapevines. *Scientia Horticulturae*. 75, p.27-39, 1998.
- KHAN, W.; RAYIRATH, U.P.; SUBRAMANIAM, S.; JITHESH, M.N.; RAYORATH, P.; HODGES, D.M.; CRITCHLEY, A.T.; CRAIGIE, J.S.; NORRIE, J.; PRITHIVIRAJ, B. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, v.28, n.4, p.386-399, 2009.
- KLAR, A.E. *Irrigação: frequência e quantidade de aplicação*. São Paulo: Nobel. 1991. 156p.
- LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GOZUEN, C.F.; BONOTTO, I.; TREVISAN, L.R. (2009). Aplicação de reguladores de crescimento na cultura do feijoeiro. *Bioscience*

*Journal*, 25(1):13-20.

MARTINS, J.C.P.; AROUCHA, E.M.M.; MEDEIROS, J.F.; NASCIMENTO, I.B.; PAULA, V.F.S. Características pós-colheita dos frutos de cultivares de melancia, submetidas à aplicação de bioestimulante. *Revista Caatinga*, Mossoró, v.2, n.26, p.18-24, abr./jun. 2013.

MAZUELA, P.; CEPEDAS, B.; CUBILLOS, V. *Efecto del injerto y del bioestimulante Fartum sobre la producción y calidad en tomate cherry*. IDESA (Chile), v.30, n.3, p.77-81, 2012.

MORAIS, R.R.; ROSSI, L.M.B; ROSANA CLARA, V.H.; *Trocas gasosas de plantas jovens de Taxi-Branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação*. Ciência Florestal, Santa Maria, v.27, n-1, p. 97-104, 2017.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; SCHIAVON, M.; ERTANI, A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, v.73, n.1, p.18-23, 2016.

OLIVEIRA, M.N.S.; OLIVA, M.A.; MARTINEZ, C.A.; MERCIER, H.; SILVA, M.A.P. Sensibilidade estomática ao ABA em função do pH e de níveis de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  na seiva do xilema. Research Article. *Braz. J. Plant Physiol.*, p.117-123, 2002.

PELLEGRINO, G.Q.; ASSAD, E.D.; MARIN, F.R. Mudanças climáticas globais e a Agricultura no Brasil. *Revista Multiciência*, Campinas-SP. n.8, p.139-162, 2007.

QIN, X.; ZEEVAART, J.A. The 9-cis-epoxycarotenoid cleavage reaction is the key regulatory step of abscisic acid biosynthesis in water-stressed bean. *Proceedings. National Academy Science*. U S A. 1999. Dec 21; 96(26):15354-61.

RAMOS, A.R.P. *Produtos de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate 'giuliana', na produção e pós-colheita de frutos*. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2013. 147p.

SANTOS, A.P.G. *Influências de biofertilizantes nos teores foliares de macronutrientes, nas trocas gasosas, na produtividade e na pós-colheita da cultura do melão*. 2012. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Curso de Agronomia, Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVA, E.M.; MAIA, L.C.; MENEZES, K.M.S.; BRAGA, M.B.; MELO, N.F.; YANO-MELO, A.M. *Water availability and formation of propagules of arbuscular mycorrhizal fungi associated with sorghum*. *Applied Soil Ecology*. v.94, p.15-20, 2015.

SILVA, T.V. *Influência da idade da muda do tomateiro e da utilização de Paclobutrazol e bioestimulantes*. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de pós-graduação em agronomia, Universidade Federal do Goiás, Goiânia 2017.

- SILVA, V. A. *Caracterização fisiológica da tolerância à seca em Coffea canephora: contribuição relativa ao sistema radicular e da parte aérea*. 2007. 57f. Tese (Doctor Scientiae em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, MG.
- SOARES, L.A.A; SOUSA, J.R.M.; BRITO, M.E.B.; ANDRADE, E.M.G.; SILVA SÁ, F.V.; SILVA, E.C.B.; *Respostas fisiológicas tomateiro na fase de floração sob estresse hídrico*. Revista Agropecuária Científica no Semiárido. V-8, n-1, p. 51-55, 2012.
- SORDI, A. Estoque de carbono do solo, sob diferentes sistemas de uso da Terra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 32, 2009, Fortaleza. *Anais*. Fortaleza: SBCS.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TANAKA, M.T; SENGIK, E; SANTOS, H.S.; JUNIOR, C.H; SCAPIM, C.A.; SILVERIO, L. KVITSCHAL, M.V; ARQUEZI, C. Efeito da aplicação foliar de biofertilizantes, bioestimulantes e micronutrientes na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Acta Scientiarum. Agronomy*. Maringá, v.25, n.2, p.315-321, 2003
- THOMPSON, J.E.; LEGGE, R.L.; BARBER, R.F. The role of free radicals in senescence and wounding. *New Phytologist*. p.317-344, 1997.
- VICENTE, M.H. *Regulação do balanço vegetativo-reprodutivo pelo crescimento semi-determinado em tomateiro (Solanum lycopersicum L. cv Micro-Tom) e seu impacto na produtividade e eficiência no uso da água*. 2013. 88f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Bioquímica de Plantas) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2013.
- WEIL, R.R.; ISLAN, K.R.; STINE, M.A.; GRUVER, J.B.; SAMSON-LIEBIG, S.E. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18(1):3-17, 2003.
- YILDRIM, E. (2007). Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agric Scand* (57):182-86, Sect.B.
- ZANDONADI, D.B.; SANTOS, M.P.; MEDICI, L.O.; SILVA, J. 2014. Ação da matéria orgânica e suas frações sobre a fisiologia de hortaliças. *Horticultura Brasileira* n.32, p.14-20.

## ANEXOS

Tabela 1A - Análise de variância dos componentes da produção do BRS Finestra tratado com bioestimulantes, cultivados sob dois intervalos de água no solo. PTOT: Produção total (g); NTF: Número Total de Frutos; FMADU: Número de frutos maduros; DFRUTO: Diâmetro de Frutos (cm); CLF: Comprimento longitudinal de fruto (cm); PMFRUTO: Peso médio de frutos (g/fruto); MPFA: Massa de parte aérea fresca (g); MPAS: Massa parte aérea seca (g); DC: Diâmetro de caule (cm); SST: Sólidos Solúveis totais (°Brix)

FV	GL	PRODTOT		NTFRUTOS		FMADU		DFRUTO		CompFruto		PMFRUTO		MSFRUT	
<b>Bioestimulante</b>	4	2132,757	*** <sup>a/</sup>	19,7125	*	3,25	ns	22,0853	**	51,9734	**	24,522	***	2,53	ns
<b>CC</b>	1	312,5369	ns <sup>b/</sup>	19,6	*	0,9	ns	2,5857	ns	17,1741	*	7,0407	ns	0,6002	ns
<b>Est*CC</b>	4	1285,086	*	1,5375	ns	5,525	ns	2,765	ns	6,078	ns	10,2681	*	2,9367	ns
<b>Bloco</b>	3	132,039	ns	3,00	ns	1,9	ns	5,412	ns	4,3891	ns	2,1011	ns	0,4491	ns
<b>Bioest d/ CC 1</b>	4	545,9681	ns	12,175	O	7,7	ns	5,2149	ns	18,8183	**	13,1867	*	3,7124	ns
<b>Bioest d/ CC 2</b>	4	2871,875	***	9,075	ns	1,075	ns	19,6353	**	39,2332	***	21,6038	**	1,7613	ns
<b>CC d/ bioest. 1</b>	1	803,4036	ns	2,00	ns	0,125	ns	7,7618	ns	7,8013	ns	0,2467	ns	0,6161	ns
<b>CC d/ bioest. 2</b>	1	2657,57	**	0,50	ns	12,5	ns	3,1125	ns	2,989	ns	6,723	ns	2,1218	ns
<b>CC d/ bioest. 3</b>	1	52,173	ns	6,125	ns	3,125	ns	0,064	ns	7,7618	ns	1,8256	ns	2,868	ns
<b>CC d/ bioest. 4</b>	1	13,7026	ns	15,125	ns	1,125	ns	1,5665	ns	22,4785	*	2,5989	ns	2,2261	ns
<b>CC d/ bioest. 5</b>	1	1926,032	*	4,8889	ns	6,125	ns	1,1401	ns	,456	ns	36,719	**	4,515	ns
<b>Resíduo</b>	27	325,053		4,8889		8,0667		3,3931		3,3711		3,284		3,3164	
<b>CV (%)</b>		9,04		14,17		42,08		5,89		6,13		13,84		15,12	
<b>Total</b>	39														
FV	GL	MFRESCA		MSECA		DCAULE		MRAIZ		SST					
<b>Bioestimulante</b>	4	987,122	ns	6,308	ns	2,8512	*	42,6332	o	1,656	**				
<b>CC</b>	1	461,924	ns	1,2674	ns	3,9564	*	204,892	**	0,441	ns				
<b>Est*CC</b>	4	1239,13	o	12,4438	o	0,9041	ns	36,045	o	0,2073	ns				
<b>Bloco</b>	3	10,5226	ns	0,7559	ns	4,6615	**	54,518	*	0,414	ns				
<b>bioest d/ CC 1</b>	4	2132,16	**	16,154	*	1,5374	ns	57,6345	*	0,7938	*				
<b>bioest d/ CC 2</b>	4	94,084	ns	2,5977	ns	2,2179	*	21,0432	ns	1,0695	*				
<b>CC d/ bioest. 1</b>	1	417,027	ns	13,2128	ns	0,4901	ns	47,142	ns	1,0513	o				
<b>CC d/ bioest. 2</b>	1	4521,05	**	21,5168	o	2,2791	o	0,2665	ns	0,125	ns				
<b>CC d/ bioest. 3</b>	1	116,28	ns	3,15	ns	0,1018	ns	11,1392	ns	0,0313	ns				
<b>CC d/ bioest. 4</b>	1	61,605	ns	5,8996	ns	4,636	*	24,8865	ns	0,0013	ns				
<b>CC d/ bioest. 5</b>	1	302,457	ns	7,1631	ns	0,0595	ns	265,651	***	0,0613	ns				
<b>Resíduo</b>	27	509,976		5,6703		0,7779		16,5029		0,2803					
<b>CV (%)</b>		26,87		21,35		9,47		47,46		11,44					
<b>Total</b>	39														

<sup>a/</sup>Valores com sinal \*\*\*, \*\*, \* e o indicam diferenças estatísticas a 0,1, 1, 5 2 10% de probabilidade, respectivamente, pelos testes F ou de Scott e Knott. <sup>b/</sup>. NS não significativo.

Tabela 2A - Análise de variância dos teores de carbono orgânico (Corg), carbono lábil (Clabil) e relação entre as duas frações no solo após cultivo de tomateiro BRS Finestra tratado com bioestimulantes, sob dois níveis de água no solo

FV	GL	Corg		Clabil		Corg/Clabil	
Bioestimulante	4	52,8725	*** <sup>a/</sup>	2,531	***	16,5243	***
CC	1	522,335	***	8,7571	***	10,323	*
Est*CC	4	16,5401	**	2,009	***	18,4642	***
Bloco	3	1,784	ns <sup>b/</sup>	0,2525	ns	3,3437	ns
Bioest. d/ CC 1	4	58,377	***	5	***	30,1775	***
Bioest d/ CC 2	4	11,036	*	0,0204	ns	21	ns
CC d/ Bioest. 1	1	268,689	***	14,7649	***	74,232	***
CC d/ Bioest. 2	1	24,591	***	0,4945	*	3,5626	ns
CC d/ Bioest. 3	1	95,651	***	0,6773	**	0,0072	ns
CC d/ Bioest. 4	1	95,651	***	0,6726	**	1,3055	ns
CC d/ Bioest. 5	1	103,905	***	0,1834	ns	5,1127	ns
Residuo	27	3,0133		0,06742		2,447	
CV (%)		9,45		14,73		16,67	
<b>Total</b>	<b>39</b>						

<sup>a/</sup>Valores com sinal \*\*\*, \*\*, \* e o indicam diferenças estatísticas a 0,1, 1, 5 2 10% de probabilidade, respectivamente, pelos testes F ou de Scott e Knott. <sup>b/</sup>. NS não significativo.

Tabela 3A - Análise de variância das trocas gasosas e eficiência de uso de água do BRS Finestra tratado com bioestimulante, cultivado sob dois intervalos de água no solo. Assimilação de CO<sub>2</sub> ou taxa fotossintética (A,  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); condutância estomática (Gs,  $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ); CO<sub>2</sub> interno (Ci); transpiração (E,  $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  de vapor d'água); temperatura da folha (Tleaf); eficiência de uso da água instantânea (EUAinst); eficiência de uso da água intrínseca (EUAint); eficiência da carboxilação instantânea (CARBOX)

FV	GL	A	GS	Ci	E	TLEAF	H2OINST	H2OINT	CARBOX								
Bioestimulante	4	126,4049	*** <sup>a/</sup>	0,1219	***	2491,436	°	21,5567	***	6,1742	***	1,7674	**	1142,608	*	110,2 x 10 <sup>-5</sup>	***
CC	1	2,4036	ns <sup>b/</sup>	0,01399	ns	5422,098	*	0,4978	ns	0,2883	ns	3,0711	*	2159,95	*	19,8 x 10 <sup>-5</sup>	ns
Bioest.* CC	4	96,007	***	0,07391	***	1867,105	ns	17,98698		0,45803	°	1,2296	*	916,714	ns	93,9 x 10 <sup>-5</sup>	***
Bloco	3	45,5255	***	0,453	***	27330,64	***	100,014	***	34,8924	***	16,1686	***	11275,94	***	3,6 x 10 <sup>-5</sup>	ns
Bioest.d/ CC 1	4	39,0967	***	0,0355	***	1936,642	ns	6,2712	*	2,012	***	2,926	*	774,136	ns	31,3 x 10 <sup>-5</sup>	*
Bioest.d/ CC 2	4	183,3154	***	0,16003	***	2421,9	ns	33,2725	***	4,6201	***	3,149	*	1285,186	*	172,8 x 10 <sup>-5</sup>	***
CC d/ Bioest.1	1	103,121	***	0,0806	**	4528,15	°	20,5277	**	1,1956	*	1,6271	°	2239,865	*	89,5 x 10 <sup>-5</sup>	**
CC d/ Bioest.2	1	16,2948	ns	0,017	ns	1,0296	ns	1,9097	ns	0,1378	ns	0,1789	ns	3,6277	ns	8,9 x 10 <sup>-5</sup>	ns
CC d/ Bioest.3	1	258,835	***	0,2101	***	370,4925	ns	46,4893	***	0,5305	ns	0,0023	ns	393,1404	ns	255,6 x 10 <sup>-5</sup>	***
CC d/ Bioest.	1	7,0168	ns	193,5 x 10 <sup>-5</sup>	ns	6720,069	*	3,4661	ns	0,0017	ns	5,8118	***	2666,854	*	41,4 x 10 <sup>-5</sup>	*
CC d/ Bioest.5	1	1,1643	ns	1,4 x 10 <sup>-5</sup>	ns	1270,776	ns	0,05297	ns	0,2549	ns	0,3693	ns	523,3189	ns	0	ns
Resíduo	1	3,1646		0,0037		926,7664		0,7266		0,1296		0,2659		352,5878		0,00004	
Total	23																
C.V (%)		19,52		30,5		10,6		23,96		1,4		18		32,31		20,7	

<sup>a/</sup>Valores com sinal \*\*\*, \*\*, \* e o indicam diferenças estatísticas a 0,1, 1, 5 2 10% de probabilidade, respectivamente, pelos testes F ou de Scott e Knott. <sup>b/</sup>. NS não significativo.