

RONALD ERNST HEINRICH WEBER

**ESTROBILURINAS E CARBOXAMIDAS NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO**

Botucatu

2020

RONALD ERNST HEINRICH WEBER

**ESTROBILURINAS E CARBOXAMIDAS NA PRODUÇÃO E
QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia no Programa de Pós-Graduação em Horticultura.

Orientador: Prof. Dr. João Domingos Rodrigues

Botucatu

2020

W375e Weber, Ronald Ernst Heinrich
Estrobilurinas e carboxamidas na produção e
qualidade de frutos do tomateiro / Ronald Ernst Heinrich
Weber. -- Botucatu, 2020
104 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: João Domingos Rodrigues

1. Horticultura. 2. Solanum lycopersicum L. 3.
Produtividade. 4. Efeitos fisiológicos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca
da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo
autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: ESTROBILURINAS E CARBOXAMIDAS NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DO TOMATEIRO

AUTOR: RONALD ERNST HEINRICH WEBER

ORIENTADOR: JOÃO DOMINGOS RODRIGUES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:

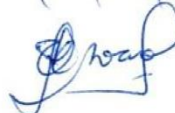
Prof. Dr. JOÃO DOMINGOS RODRIGUES
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof.^a Dr.^a ELIZABETH ORIKA ONO
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof.^a Dr.^a CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO
Botânica / Instituto de Biociências de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. ÁTILA FRANCISCO MÓGOR
Fitotecnia e Fitossanidade / Universidade Federal do Paraná



Prof.^a Dr.^a CACILDA MÁRCIA DUARTE RIOS FARIA
Agronomia / Universidade Estadual do Centro Oeste



Botucatu, 20 de fevereiro de 2020.

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Daniela e filhas Gabriela e Julia, por todo amor e carinho, compreensão, incentivo, apoio e confiança.

À família da minha irmã Silke, Emerson, Danilo e Erik que sempre me acolheram na sua casa de Botucatu, e por todo incentivo e apoio por esta conquista.

Ao meu orientador Prof. Dr. João Domingos Rodrigues por todo apoio, ensinamentos, amizade e confiança em mim, que proporcionaram meu crescimento profissional e a realização deste trabalho.

Às Professoras Dra. Elizabeth Orika Ono e Dra. Cacilda Márcia Duarte Farias Rios pela ajuda, amizade, ensinamentos e disponibilidade indispensável para a realização deste trabalho.

Aos amigos Vander, Cyro e Marcelo da Fazenda Ituaú, pela ajuda na condução dos ensaios, amizade, ensinamentos e disponibilidade indispensável para a realização deste trabalho.

Aos amigos Amanda e Mayara da Unicentro/Guarapuava e Andrew Kim da FCA/Botucatu pela ajuda na condução dos ensaios, amizade, ensinamentos e disponibilidade indispensável para a realização deste trabalho. A Deus.

RESUMO

Dois experimentos foram conduzidos em 2018 e 2019 para avaliar os efeitos de diferentes fungicidas de dois importantes grupos: estrobilurinas e carboxamidas, sobre a eficácia fotossintética e produtividade de plantas de tomate, inoculadas com *Alternaria sp.*, em ambiente protegido na Fazenda Ituaú, Salto - SP, Brasil. O delineamento experimental aplicado em ambos os experimentos foi de blocos ao acaso, com oito tratamentos e cinco repetições: testemunha inoculada (água + inóculo), testemunha absoluta (água), azoxystrobina (50,0 g ha⁻¹), boscalida (50,0 g ha⁻¹), azoxystrobina (50,0 g ha⁻¹) + boscalida (50,0 g ha⁻¹), mandestrobina (194 g ha⁻¹), impirfluxam (30 g ha⁻¹), mandestrobina (194 g ha⁻¹) + impirfluxam (30 g ha⁻¹), aplicados em intervalos de 15 dias, totalizando 7 a 8 aplicações no ciclo da cultura. O efeito no desenvolvimento das plantas foi medido pela altura das plantas e produção dos cinco primeiros cachos. A eficiência fotossintética foi calculada pela medição das trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a*, teores de pigmentos fotossintéticos, e produtividade. Os fungicidas apresentaram algumas melhorias nos parâmetros analisados, como melhorando os componentes da eficiência fotossintética e da produção de frutos comerciais, porém sem apresentar diferenças significativas em relação às testemunhas. Os resultados demonstram eficácia no controle de *Alternaria sp.* aplicando os fungicidas em tomateiro, e também apontam para efeitos adicionais em componentes da eficiência fotossintética e atividade de enzimas antioxidantes.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum* L.. Fungicidas. Fotossíntese. Efeitos fisiológicos. Qualidade dos frutos.

ABSTRACT

Two experiments were carried out in 2018 and 2019 to evaluate the effects of the application of different fungicides from two important groups: strobilurins and carboxamides, on the photosynthetic efficiency and yield of tomato plants, inoculated with *Alternaria sp.*, grown in greenhouse at Fazenda Ituaú, Salto - SP, Brazil. The experimental design applied in both trials was randomized blocks with eight treatments and five replicates: inoculated control (water + inoculum), absolute control (water), azoxystrobin (50,0 g ha⁻¹), boscalid (50,0 g ha⁻¹), azoxystrobin (50,0 g ha⁻¹) + boscalid (50,0 g ha⁻¹), mandestrobin (194 g ha⁻¹), inpyrfluxam (30 g ha⁻¹), mandestrobin (194 g ha⁻¹) + inpyrfluxam (30 g ha⁻¹), applied at intervals of 15 days, totalizing 7 or 8 applications in the crop cycle. The effect on plant development was measured by plant height and the production of the five initial bunches. The photosynthetic efficiency was calculated from measurements of gas exchange, chlorophyll a fluorescence, content of photosynthetic pigments, and tomato productivity were evaluated. All fungicides positively affected some evaluated parameters, improving photosynthetic efficiency components and commercial fruit production, however without significant difference to the controls. The results demonstrate the efficacy of the use of these fungicides in controlling *Alternaria sp.* in tomato and also appoint to some additional effects on photosynthesis efficiency components and antioxidant enzymes activity.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L.. Fungicides. Photosynthesis. Physiological effects. Quality of fruits.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018..... 40
- Figura 2** - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, U mg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018 42
- Figura 3** - Atividade da enzima peroxidase (POD, $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018 43
- Figura 4** - Atividade da enzima catalase (CAT, mKat $\mu\text{g proteína}^{-1}$) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018 44
- Figura 5** - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019..... 50
- Figura 6** - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, U mg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019 52
- Figura 7** - Atividade da enzima peroxidase (POD, $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg proteína}^{-1}$) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019 53

Figura 8 - Atividade da enzima catalase (CAT, mKat μg proteína ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	54
Figura 9 - Peroxidação lipídica (LIPO, mmol g massa fresca ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	55
Figura 10 - Clorofila a (mg 100 g massa fresca ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	56
Figura 11 - Clorofila b (mg 100 g massa fresca ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	57
Figura 12 - Antocianinas (mg 100 g massa fresca ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	58
Figura 13 - Carotenoides (mg 100 g massa fresca ⁻¹) em plantas de tomateiro COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com <i>Alternaria sp.</i> . Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	59
Figura 14 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018	64
Figura 15 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	70

Figura 16 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.....	76
Figura 17 - Altura de plantas (cm) (A.), variação de crescimento entre avaliações (B.) e percentual de crescimento entre avaliações (C.) de plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018	78
Figura 18 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.....	80
Figura 19 - Altura de plantas (cm) (A.), variação de crescimento entre avaliações (B.) e percentual de crescimento entre avaliações (C.) de plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	82
Figura 20 - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa de frutos (%) de tomate cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos, Barras indicam o desvio padrão da média. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018	83
Figura 21 - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa de frutos (%) de tomate cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019. Barras indicam o desvio padrão da média.....	83
Figura 22 - Efeito dos diferentes tratamentos na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (A) e no progresso da severidade (B) de <i>Alternaria sp.</i> em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018. Médias (n=5) seguidas de letras distintas diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, Barras indicam o desvio padrão da média.....	85

Figura 23 - Efeito dos diferentes tratamentos na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (A.) e no progresso da severidade (B.) de *Alternaria sp.* em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019. Médias (n=5) seguidas de letras distintas diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o desvio padrão da média..... 87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tratamentos utilizados nos experimentos	32
Tabela 2 -	Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.....	41
Tabela 3 -	Valores médios de taxa de assimilação de CO ₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO ₂ (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), eficiência de carboxilação (A/C_i), taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e taxa relativa de transferência de elétrons (ETR), eficiência máxima do PSII adaptado ao escuro (F_v/F_m) coeficiente de extinção fotoquímica (qP) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (qNP) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos, Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018	45
Tabela 4 -	Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.....	51
Tabela 5 -	Valores médios de taxa de assimilação de CO ₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO ₂ (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), eficiência de carboxilação (A/C_i), taxa de transpiração (E , $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), eficiência do uso da água (EUA , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e taxa relativa de transferência de elétrons (ETR), eficiência máxima do PSII adaptado ao escuro (F_v/F_m) coeficiente de extinção fotoquímica (qP) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (qNP) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019	60
Tabela 6 -	Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.....	65

- Tabela 7** - Valores médios de número de frutos total (#FRUTOS TOT), peso total (PESO TOT), peso médio de fruto dos frutos totais (PESO TOT MÉDIO), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso dos frutos comerciais (PESO COM), peso médio de fruto dos frutos comerciais (PESO COM MÉDIO), porcentagem de frutos comerciais / frutos totais (PORC FRUT COM) e porcentagem do peso de frutos comerciais / peso dos frutos totais (PORC PESO COM) , °Brix, pH, acidez titulável e *Ratio* dos frutos totais (SS/AT MÉDIO), produção total (PROD t/ha) e sólidos solúveis totais (SS kg/ha) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018 66
- Tabela 8** - Valores médios de pH, açúcares totais (AT), sólidos solúveis (SS) e *ratio* (SS/AT) aos 0, 5, 10 e 15 dias após a colheita (DAC) plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018..... 67
- Tabela 9** - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019..... 71
- Tabela 10** - Valores médios de número de frutos total (#FRUTOS TOT), peso total (PESO TOT), peso médio de fruto dos frutos totais (AVG PESO TOT), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso dos frutos comerciais (PESO COM), peso médio de fruto dos frutos comerciais (AVG PESO COM), porcentagem de frutos comerciais / frutos totais (PORC FRUT COM) e porcentagem do peso de frutos comerciais / peso dos frutos totais (PORC PESO COM), produção total (t/ha) e sólidos solúveis totais (kg/ha) de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019 72
- Tabela 11** - Valores médios de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e *ratio* (SS/AT) aos 0 e 15 dias após a colheita (DAC) plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019 73
- Tabela 12** - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de

tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.....	77
---	----

Tabela 13 - Matriz de correlação das variáveis significativas ACP 3 para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.....	81
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DA LITERATUA	23
2.1	O tomateiro.....	23
2.2	Efeitos fisiológicos do tomateiro	23
2.3	Trocas Gasosas	24
2.4	Estresse Oxidativo.....	24
2.5	Fungicidas: estrobilurinas	25
2.6	Fungicidas: carboxamidas.....	28
3	MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1	Inoculação do patógeno: <i>Alternaria sp.</i>.....	32
3.2	Experimento I – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2018	33
3.2.1	Aplicação dos tratamentos e coletas de tecidos vegetais.....	33
3.2.2	Avaliações de trocas gasosas	33
3.2.3	Colheita dos frutos de tomate	34
3.3	Experimento II – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2019	34
3.3.1	Aplicação dos tratamentos e coletas	34
3.3.2	Avaliações de trocas gasosas	35
3.4	Características avaliadas	35
3.5	Análise estatística.....	37
3.5.1	Experimento I – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2018.....	37
3.5.2	Experimento II – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2019	38
4	RESULTADOS	39
4.1	Respostas ao estresse oxidativo	39
4.2	Efeitos na produtividade e qualidade pós-colheita	62
4.3	Efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento	75
5	DISCUSSÃO	89
5.1	Respostas ao estresse oxidativo	90
5.2	Efeitos na produtividade e qualidade pós-colheita	92

5.3	Efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento	94
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
7	CONCLUSÃO	98
	REFERÊNCIAS.....	99

1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) tem destaque dentre as hortaliças consumidas, tanto no Brasil como globalmente.

O Brasil produziu cerca de 18,5 milhões toneladas de hortícolas em 2017, destacando a cultura do tomateiro, com produção próxima à 4 milhões de toneladas de frutos colhidos. Apenas o Estado de São Paulo, segundo maior produtor do país, possui área colhida de aproximadamente 10 mil hectares (ha) e produção estimada em 800 mil toneladas de frutos (AGRIANUAL, 2019).

O fruto do tomateiro tem demanda estabelecida para a indústria (molho, suco e desidratado) e para o consumo *in natura*. O fruto do tomateiro é formado por 95% de água, possuindo ainda ácido fólico, vitaminas C, E e K, potássio, flavonoides e carotenoides, com destaque para o licopeno (FONTES; SILVA, 2005). Para atender às exigências do mercado consumidor *in natura*, a atenção se volta para a aparência dos frutos do tomateiro, com destaque para os atributos como tamanho dos frutos, ausência de defeitos, firmeza e coloração.

A condução das plantas de tomate em cultivo protegido permite a produção de frutos em épocas do ano que o ambiente aberto seria desfavorável ao desenvolvimento das plantas, seja por temperatura ou excesso de precipitações, regularizando os períodos de safra e entressafra. De modo geral, no cultivo protegido a época de colheita abrange o ano inteiro, além de permitir o cultivo buscando maior produtividade.

O ambiente protegido é importante para minimizar variações no seu desenvolvimento e permitir avaliar os efeitos da aplicação de reguladores vegetais. Temperaturas extremas resultam na maturação irregular dos frutos do tomateiro e no aparecimento de distúrbios fisiológicos (MAKISHIMA; CARRIJO, 1998).

A cultura do tomateiro apresenta vários problemas fitossanitários, entre eles, diversas doenças fúngicas, incluindo a pinta preta, que tem como agente etiológico o patógeno *Alternaria* sp.. Esta é uma doença de ocorrência mundial, capaz de causar perdas significativas na cultura do tomateiro (DOMINGUES *et al.*, 2009; SONG *et al.*, 2011).

Entre os métodos de controle utilizados, a aplicação de fungicidas é a mais frequente (FREITAS FILHO *et al.*, 2008). Estes compostos químicos promovem a

defesa da planta contra o ataque do patógeno (REIS *et al.*, 2007) em condições favoráveis aos seu desenvolvimento, podendo apresentar ação protetora ou sistêmica. Os grupos das estrobilurinas e carboxamidas são fungicidas sistêmicos registrados para o controle de pinta preta em tomateiro. Estas substâncias, além da sua ação fungitóxica, também permitem a observação de efeitos fisiológicos nas plantas.

O efeito fisiológico destas moléculas tem sido estudado em diferentes culturas como soja, feijão, milho, banana, tomate, pepino, alface, melão e videira (MAREK, 2016), respectivamente. De acordo com a mesma autora, entre os principais resultados observados, destacam-se maiores acúmulos de biomassa e produtividade, incremento fotossintético, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, maiores teores de pigmentos fotossintéticos e redução do estresse oxidativo. Além de melhorar a qualidade pós-colheita de frutos de tomate e melão (RAMOS *et al.*, 2013; MACEDO *et al.*, 2017).

Além dos estudos com diferentes fungicidas que apontaram para efeitos fisiológicos no crescimento, desenvolvimento e metabolismo fotossintético da planta, resultando em respostas positivas em produtividade. Também podem ser observados efeitos no sistema antioxidativo da planta, inferindo possível ação nas respostas de defesa da planta, tendo em vista que a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO), como o H_2O_2 , tem papel essencial nos mecanismos de defesa do vegetal (LEHMANN *et al.*, 2015).

Conhecer os efeitos dos diferentes grupos fungicidas no desenvolvimento da cultura do tomateiro, seja no controle de doenças, como na produção de frutos, poderá auxiliar na produção desta hortaliça, visando melhor manejo da lavoura e o aumento do seu valor de comercialização.

Desta forma, a proposta deste estudo foi estudar os efeitos dos fungicidas do grupo das estrobilurinas: azoxistrobina, mandestrobina, e do grupo das carboxamidas: boscalida e impirfluxam, isoladamente e em combinações, na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar COLT, em condições de ambiente protegido na região de Salto – SP.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O tomateiro

A cultura do tomateiro, pertencente à família Solanaceae, é originária da região dos Andes na América do Sul, mais especificamente entre o norte do Equador e o norte do Chile, a oeste pelo oceano pacífico e a leste pela Cordilheira dos Andes (FILGUEIRA, 2000).

O tomateiro é uma planta herbácea e perene, possuindo folhas alternas e divididas em folíolos. Os frutos desenvolvem-se em inflorescência do tipo cacho ou racemo, que podem ter de seis a mais de trinta flores (FONTES, 2005).

O tomateiro é caracterizado por possuir dois tipos de hábito de crescimento. O tipo indeterminado que é usado na maioria das cultivares para a produção de frutos para mesa, que devem ser tutoradas durante o seu desenvolvimento vegetativo. O hábito determinado é característico da cultura rasteira, cujos frutos destinam-se à agroindústria (FILGUEIRA, 2000).

As cultivares de tomate de mesa podem ser classificadas em dois grupos de acordo com o formato do fruto: oblongo, quando o diâmetro longitudinal é maior que o transversal e redondo, quando o diâmetro longitudinal é menor ou igual ao transversal (ALVARENGA, 2004; PEREIRA, 2010).

2.2 Efeitos fisiológicos do tomateiro

As condições ambientais influenciam nas taxas metabólicas das plantas, atuando nas proporções da fotossíntese e da respiração (perdas e ganhos no balanço de trocas gasosas) e, eventualmente, a produtividade biológica e econômica dessas plantas. A fotossíntese líquida é um indicador da taxa de assimilação do carbono (POPOV *et al.*, 2003). Assim se torna cada vez mais importante estudar a fisiologia da fonte e uma maneira de estudá-la é por meio das medidas de trocas gasosas. Nos estudos de produtividade é importante acompanhar a assimilação de CO₂, e a eficiência do uso da água durante as observações (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2003).

Verificar e informar quais produtos demonstram efeitos aditivos nas trocas gasosas, na maior atividade enzimática e que melhoram o balanço hormonal, podem interferir na recomendação do manejo da cultura.

O efeito fisiológico observado resulta no aumento da fotossíntese líquida (fotossíntese menos a respiração + fotorrespiração em plantas C_3 e sem a fotorrespiração em C_4), o que causa perda menor de carbono e mais energia para ela. E ainda provoca melhor balanço hormonal, aumentando o IAA, I6-ADE (Isopentenil Adenina) e o ABA e reduzindo a produção de etileno.

2.3 Trocas gasosas

Estudar a fisiologia da planta, no que diz respeito à eficiência fotossintética, visando ganhos de produtividade tornou-se uma importante estratégia no manejo da cultura. Segundo Macedo (2015), as avaliações de trocas gasosas constituem importantes ferramentas para se avaliar a capacidade fotossintética das plantas, além da vantagem de ser um método não destrutivo.

A eficiência fotossintética dos órgãos fontes é responsável pela produção de biomassa, principal razão de desenvolvimento do vegetal (FOYER; GALTIER, 1996). A fotossíntese líquida, de acordo com Popov *et al.* (2003) é indicada pela eficiência da taxa de assimilação de CO_2 .

Mensurar estes índices fisiológicos em plantas de tomateiro, observando ganhos de produtividade, representa importante ferramenta para se avaliar as taxas de assimilação de CO_2 , de transpiração, condutância estomática e concentração interna de CO_2 nas folhas. Com as leituras realizadas, é possível determinar as relações entre estas, obtendo a eficiência do uso da água e eficiência de carboxilação (BRANDÃO FILHO *et al.*, 2003).

2.4 Estresse Oxidativo

Todas as condições de estresse biótico e abiótico impostas às plantas durante o seu ciclo (alta luminosidade, variações de temperaturas, períodos de seca, salinidade, radiação UV, poluição do ar, herbicidas, estresses físicos e mecânicos ou bióticos como o ataque de patógenos) causam a superprodução de espécies reativas de oxigênio (ERO ou ROS, do inglês *reactive oxygen species*), danos oxidativos em proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, caracterizando assim o estresse oxidativo.

Stangarlin *et al.* (2011) citam entre as principais ERO presentes no metabolismo celular de plantas o ânion superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$), dotado de baixa capacidade oxidativa; o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) capaz de romper a membrana do núcleo e causar danos ao DNA; o radical hidroxila ($\text{OH}^{\bullet}$), com baixa capacidade de difusão, porém alta reatividade provocando lesões em uma série de moléculas em meio celular; e o oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$), formado a partir da transferência da energia de ativação para o O_2 , também produzindo efeitos deletérios.

As principais ERO são produzidos nos organismos aeróbicos, em rotas metabólicas que ocorrem em especial nas mitocôndrias, cloroplastos e peroxissomos. Quando as plantas estão sob condições de estresse abiótico ou biótico ocorre o aumento na produção destas espécies (BHATTACHARJEE, 2010).

A geração das ERO também pode ocorrer a partir de falhas no sistema fotossintético (SOARES; MACHADO, 2007), com a formação de oxigênio singlete ($^1\text{O}_2$). Quando a energia armazenada na clorofila não é dissipada para a síntese de carboidratos, é transferida para o O_2 , ocorrendo o transporte de elétrons (BHATTACHARJEE, 2010).

2.5 Fungicidas: estrobilurinas

As estrobilurinas foram identificadas como um grupo inédito de fungicidas em 1976 (SAUTER *et al.*, 1999). Entre as primeiras substâncias descobertas estavam as estrobilurinas A e B, obtidas de fermentações de *Strobilurus tenacellus* (um fungo que cresce nas pinhas). Até então, nenhum produto natural havia sido isolado desse fungo. Uma publicação de 1977 (ANKE *et al.*, 1977) relatou os dados físicos e químicos das estrobilurinas A e B, bem como a poderosa atividade fungitóxica contra uma variedade de fungos.

Estudos sobre o modo de ação das estrobilurinas indicam inibição da respiração dos fungos. Estudos mostraram que o local da ação da substância está no complexo III ou IV da cadeia respiratória mitocondrial (ANKE *et al.*, 1977).

O modo de ação das estrobilurinas (a inibição da respiração) aponta para alta eficiência no controle da germinação de esporos fúngicos às estrobilurinas (SAUTER *et al.*, 1999).

Não há nenhuma evidência de que as estrobilurinas interagem com enzimas

de outros sistemas receptores além da respiração mitocondrial (KÖEHLE *et al.*, 1997).

Maior biomassa e ação aditiva na produção, obtido pela aplicação de estrobilurinas, é de especial interesse para práticas agrícolas. No campo, a comparação com outros fungicidas adequados que controlam diferentes fungos patogênicos, este pode ser quantificado por espectroscopia de absorção. As parcelas tratadas com estrobilurinas apresentam maiores valores para o índice de vitalidade (NDVI) (ROUSE *et al.*, 1974).

As estrobilurinas proporcionam efeitos na fisiologia em culturas quando condicionada a qualquer tipo de estresse, como o estresse hídrico (BARTETT *et al.*, 2011; BALARDINI *et al.*, 2011), porque promovem mudanças fisiológicas que permitem melhor utilização de CO₂, teor maior de clorofila e inibir a produção de etileno.

Juntamente com os fatores fisiológicos, Jabs (2004) afirma que quanto mais cedo a estrobilurina for aplicada na cultura, melhor será a resposta fisiológica, respondendo positivamente sob condições de estresse. E, para que ocorra o seu efeito fisiológico, a estrobilurina deve penetrar na célula da planta, para que haja diferenças na atividade respiratória, melhor assimilação de CO₂ e nitrato em diferentes níveis e, como consequência, têm-se o aumento da biomassa e do rendimento da planta.

Mudas de tomate desenvolvem-se mais rápido e com maior vigor, quando tratadas com solução contendo piraclostrobina a 0,25 g.L⁻¹ e boscalida a 0,25 g.L⁻¹ em substrato saturado, onde são semeadas e aplicado a mesma solução, posteriormente, na parte aérea da- planta (MACEDO, 2015).

Em outro estudo, testando efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate cultivar Giuliana, na produção e pós-colheita de frutos, observou-se que em condições climáticas estressantes, a mistura de piraclostrobina e boscalida, retardou o amarelecimento das folhas, prolongando a atividade fotossintética das plantas, melhorando assim, a produtividade. Além disso, os teores de sólidos solúveis, a relação com a acidez titulável e os teores de ácido ascórbico mostraram maiores valores para o tratamento com a associação entre essas duas substâncias, melhorando também a perda de massa até os 9 dias de armazenamento em temperatura ambiente. Observaram também, maior atividade da enzima pectinametilesterase (PME) nos tratamentos com a mistura de piraclostrobina e boscalida. A menor atividade da enzima poligalacturonase (PG) nos na testemunha e

das plantas tratadas apenas com piraclostrobina, indicou que alguns produtos aceleram o processo de desmetilação das pectinas pela atividade da PME, demonstrando que a aplicação de piraclostrobina em associação com a boscalida, melhora as características de pós-colheita dos frutos de tomate 'Giuliana' (RAMOS *et al.*, 2013).

Em trabalho realizado por Jacobelis Junior (2015), no qual se testou a ação de diversos fungicidas em plantas de tomate cultivar Conquistador, em cultivo protegido, pode-se verificar que a piraclostrobina foi responsável pela obtenção de maiores taxas de assimilação de CO₂; pelo aumento da eficiência do uso da água em 50%, em relação à testemunha; aos 58 dias após o transplante, mostrou as melhores taxas de clorofila a, sendo que esta é uma importante fase para a produção de frutos; teve a atividade da nitrato redutase aumentada; maior massa fresca dos frutos; maior valor médio de produção de frutos e, em relação à análise econômica, a produtividade foi maior do que os outros tratamentos.

Avaliando o efeito de déficit hídrico e aplicação de estrobilurina no crescimento, qualidade do fruto e eficiência do uso da água em tomate cereja (*Solanum lycopersicum* L.), Cantore *et al.* (2016) verificaram que a redução da irrigação afetou o crescimento e a qualidade dos frutos. A massa seca de frutos, o teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável, firmeza e coloração avermelhada aumentou com a redução da irrigação. A aplicação da estrobilurina aumentou o rendimento total dos frutos, além disso, melhorou o status de água na planta sob estresse hídrico, como consequência da redução na condutância estomática.

Giuliani *et al.* (2018) avaliando o efeito combinado de déficit de irrigação e tratamento com estrobilurina (azoxistrobina) em dois genótipos de tomate, IT-22/025, uma planta do tipo selvagem e Ikram, um híbrido comercial, verificaram que os dois genótipos apresentaram desempenho diferente em resposta ao estresse hídrico. Houve redução na condutância estomática, e para Ikram o estresse hídrico diminuiu mais a transpiração do que a taxa de assimilação, enquanto o oposto aconteceu com IT-22/025. Avaliaram também a expressão do gene ERD15, um gene envolvido na resposta ao estresse abiótico e observaram que a redução da expressão do gene foi maior para IT-22/025. Este estudo mostrou que a possibilidade de redução da água de irrigação do tomate, pode manter o rendimento e a qualidade aceitáveis, utilizando estratégias agronômicas e genéticas.

Em trabalho realizado em plantas de tomateiro cv. Micro-Tom avaliando o efeito da piraclostrobina nos teores de pigmentos fotossintéticos e de nitrogênio na atividade da enzima nitrato redutase, cultivadas com diferentes doses de nitrogênio, verificaram que a aplicação da piraclostrobina promoveu aumento dos teores de pigmentos apenas aos 28 dias após o transplante, nas plantas com fornecimento reduzido de nitrogênio. Além disso, duas aplicações de piraclostrobina não influenciaram no conteúdo de nitrogênio e na atividade da enzima nitrato redutase desta cultivar (MARTINAZZO *et al.*, 2016).

No que se refere à qualidade do produto colhido, Töfoli *et al.* (2003), relataram que para os frutos de tomate, nos tratamentos onde foram pulverizados fungicidas do grupo das estrobilurinas (piraclostrobina e azoxistrobina) observaram tendência para maior número de frutos sadios, massa fresca de frutos e produção comercial. Tal fato foi justificado por evidências de que as estrobilurinas, além de atuarem diretamente sobre o patógeno, apresentaram efeitos secundários benéficos às plantas, como a redução na produção de etileno, aumento da atividade da enzima nitrato redutase, atraso na senescência, maior resistência ao estresse hídrico e aumento no teor de clorofila.

A mandestrobin é um novo ingrediente ativo deste grupo de fungicidas, desenvolvido e apresentado comercialmente pela Sumitomo Chemical. Possui propriedades fungicidas, tais como amplo espectro de ação, eficácia preventiva e curativa, habilidade translaminar, um longo período de controle e baixo risco de fitotoxicidade para as principais culturas. Mandestrobin também apresenta um perfil seguro para a saúde humana e o ambiente. A molécula foi registrada, primeiramente, no Japão em 2015 e lançado comercialmente em 2016 sob a marca SCLEA.

2.6 Fungicidas: carboxamidas

Outro grupo de fungicidas com atuação na respiração mitocondrial vem apresentando efeitos positivos em diversos experimentos que avaliam respostas fisiológicas e a produtividade dos cultivos estudados. Este grupo químico de fungicidas é denominado como grupo das carboxamidas.

O boscalida é um fungicida do grupo das carboxamidas anilidas (TÖFOLI, 2004), apresentando efeitos fisiológicos semelhantes das estrobilurinas, além de ação antifúngica para a planta (VENTURE, 2006).

No estudo do boscalida no controle da pinta preta *Alternaria sp.* nas culturas da batata e do tomateiro estaqueado, Oliveira *et al.* (2003) verificaram melhor eficiência e maior tempo de controle.

As respostas em produtividade devido à aplicação de fungicidas, podem, dependendo das condições, gerar acréscimos em produtividade quando comparados ao controle. Contudo, estas respostas nem sempre obedecem um padrão para os diferentes materiais testados dentro de um mesmo experimento. As respostas em anos agrícolas considerados secos, assim com menores chances de ocorrência de doenças, podem apresentar acréscimos de produtividade, entretanto, o resultado produtivo superior nem sempre é observado em todos os tratamentos (HOFFMANN *et al.*, 2004).

Novas moléculas estão sendo incorporadas às moléculas tradicionais, a exemplo do ingrediente ativo impirfluxam, do grupo químico das carboxamidas, diversificando as estratégias químicas de manejo. É um inibidor da succinato desidrogenase do complexo II. Possui ação local sistêmica e movimentação translaminar. Tem atuação sobre as classes de fungos: ascomicetos, basidiomicetos, deuteromicetos e zigomicetos. O ingrediente ativo foi submetido para registro em vários países, inclusive no Brasil, tendo obtido a sua primeira aprovação no Japão em 2019.

As primeiras moléculas deste grupo eram seletivas para doenças causadas por basidiomicetos e seu estreito espectro de fungitoxicidade incluía carvões, cáries, ferrugens e *Rhizoctonia solani*. Porém, os fungicidas deste grupo praticamente deixaram de ser usados com o surgimento de moléculas de grupos químicos com maior espectro de ação, como os benzimidazóis (afetam o processo de mitose), depois os triazóis (afetam a biossíntese de esteróis), seguidos das estrobilurinas (afetam a respiração). Os principais ingredientes ativos do grupo são a carboxina, oxicarboxina, boscalida, benzovindiflupir e o fluxapiraxade. A oxicarboxina, por sua vez, apresenta menor fungitoxicidade, mas alta persistência no interior do fungo, permanecendo estável por mais tempo e, portanto, produz um controle mais eficiente que a carboxina.

Avaliando o efeito de estrobilurinas, boscalida, reguladores e extratos vegetais na qualidade físico-química de frutos de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), cultivar Giuliana, Ramos *et al.* (2013) verificaram que o teor de sólidos solúveis (SS) variou em função dos tratamentos, sendo o maior para GA₄₊₇ + benzilaminopurina e o menor

para a testemunha (sem aplicação). O mesmo aconteceu com a relação SS/AT. Os frutos permaneceram por 9 dias na bancada, em temperatura ambiente e ao final desse tempo, alguns tratamentos ainda apresentavam frutos ótimos para o consumo, destacando-se o tratamento com boscalida, que apresentou menor perda de massa, seguido pela piraclostrobina. Assim, concluíram que a aplicação dos produtos não alterou os valores de pH, AT e AST dos frutos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados dois experimentos com os mesmos tratamentos em casa de vegetação da Fazenda Ituaú, estrada Velha de Salto – Capivara, km 07, bairro Chapada, no Município de Salto (SP), latitude S 23' 12" 03° e longitude W 47' 17" 13°, o primeiro em 2018 no período de junho (transplante) a novembro. E o segundo experimento, instalado em 2019 no período de março a agosto.

A altitude da região é de 550 m sendo seu clima classificado como Cfa, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. No ano de 2018 o município registrou pluviosidade anual de 1.202 mm e temperatura média de 21,9°C, sendo a temperatura mínima de 5,4°C e a temperatura máxima de 34,7°C. Em 2019 o município registrou pluviosidade anual de 1.547 mm e temperatura média de 22,4°C, sendo a temperatura mínima de 4,7°C e a temperatura máxima de 36,8°C.

Utilizou-se o híbrido de tomateiro cultivar COLT, tipo saladete, fornecido pela empresa HM Clause, de crescimento indeterminado, indicado para semeadura e transplante em qualquer época do ano, considerando-se uma densidade populacional de 20.000 plantas ha⁻¹ com espaçamento de 40 centímetros entre plantas e 100 centímetros entre linhas de plantas. A cultivar COLT apresenta tolerância a *Verticilium alba-atium* e *Verticilium dahliae*, e resistência à murcha de fusarium, raças 1, 2 e 3. Também apresenta tolerância ao geminivirus e ao vírus vira cabeça.

Os experimentos foram conduzidos em ambiente protegido coberto com filme de polietileno de baixa densidade, de 150µm, aditivado e fechado nas laterais com tela.

O delineamento experimental adotado para ambos os experimentos foi de blocos ao acaso, com oito tratamentos, cinco repetições e oito plantas por parcela, sendo as 4 plantas centrais de cada parcela consideradas as plantas úteis para coletas, avaliações e colheita.

As aplicações dos tratamentos foram realizadas após o transplante das mudas e repetidas em intervalos de 15 dias, via foliar sendo realizadas com o uso de pulverizador costal de CO₂, pressurizado com 0,3 kgf cm⁻² e bicos cônicos, pulverizando todas as plantas de cada parcela. Para cada aplicação dos tratamentos foi realizada uma calibração do volume de calda, aplicando apenas água nas

testemunhas até alcançar o ponto de escorrimento nas folhas, quando ocorre a formação e escorrimento de gotas sobre a superfície da folha que excedem a capacidade de retenção da calda na superfície da folha. O volume de calda foi crescente ao longo do tempo da condução do ensaio, usando 100 L de água ha⁻¹ nas primeiras aplicações e 1.000 L de água ha⁻¹ nas pulverizações das plantas após a poda apical.

Os tratamentos utilizados nos dois experimentos estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos utilizados nos experimentos

Tratamentos	Concentração de Produto Formulado em kg ou L ha ⁻¹	Concentração de Ingrediente Ativo em g ha ⁻¹
1– Testemunha (água + inóculo)	-	-
2– Testemunha absoluta (água)	-	-
3– Azoxistrobina	0,10 kg ha ⁻¹	50 g ha ⁻¹
4– Boscalida	0,10 kg ha ⁻¹	50 g ha ⁻¹
5– Azoxistrobina + Boscalida	0,10 + 0,10 kg ha ⁻¹	50 + 50 g ha ⁻¹
6– Mandestrobin	0,45 L ha ⁻¹	194 g ha ⁻¹
7 – Impirfluxam	0,075 L ha ⁻¹	30 g ha ⁻¹
8 – Mandestrobin + Impirfluxam	0,45 L + 0,075 L ha ⁻¹	194 + 30 g ha ⁻¹

Fonte: WEBER (2019).

Como fonte de azoxistrobina (grupo das estrobilurinas) foi utilizado o produto Amistar contendo 500 g kg⁻¹ do p.a (princípio ativo)., fabricado pela Syngenta; para boscalida (grupo das carboxamidas) o produto Cantus contendo 500 g kg⁻¹ do p.a. fabricado pela BASF; para mandestrobin (grupo das estrobilurinas) foi utilizado o produto Velostar 430 SC contendo 430 g L⁻¹ do p.a. e para impirfluxam (grupo das carboxamidas) foi utilizado o produto Zeltera 400 SC contendo 400 g L⁻¹ do p.a., os dois últimos produtos em fase de registro, fabricados pela empresa Sumitomo Chemical.

3.1 Inoculação do patógeno: *Alternaria sp.*

O isolado de *Alternaria sp.* inoculado foi obtido no laboratório de fitopatologia

da Unicentro de Guarapuava - PR. Usou-se a mesma origem dos isolados na inoculação dos dois experimentos em Salto - SP (2018 e 2019). A concentração da suspensão para a inoculação foi ajustada para 1×10^4 conídios mL^{-1} . Usou-se o mesmo pulverizador costal para a pulverização da calda sobre as plantas. As plantas, com exceção do tratamento Testemunha absoluta (T2) foram inoculadas 7 dias após a terceira aplicação dos tratamentos (52 DAT) em 2018. Em 2019 a inoculação ocorreu 7 dias após a primeira aplicação dos tratamentos (37 DAT).

Foi utilizado sistema de irrigação por gotejamento e fertirrigação por injeção de fertilizantes. As plantas foram conduzidas com uma haste ao longo do ciclo e tutoradas na vertical com a utilização de fitilho. A retirada de brotos foi efetuada quando estes apresentavam 3 a 5 cm de comprimento. As plantas foram conduzidas até o quinto cacho de frutos, visando obtenção de uma quantidade mínima de frutos para as análises, quando foi realizada a poda apical.

3.2 Experimento I – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2018

As mudas do híbrido COLT foram transplantadas em 25.07.2018 diretamente no solo da casa de vegetação.

3.2.1 Aplicação dos tratamentos e coletas de tecidos vegetais

Foram realizadas 8 aplicações dos tratamentos no experimento I (2018), com início no dia 11.08.2018, aos 17 dias após o transplante (DAT) e as demais aplicações, com intervalos de 2 semanas. Realizou-se a última aplicação no dia 17.11.2018, aos 115 DAT. Para cada aplicação foram coletadas amostras de folhas antes da pulverização (0 horas), 12, 24, 72 e 196 horas após aplicação. Todas as amostras de folhas coletadas foram congeladas em nitrogênio líquido, imediatamente após a sua coleta, e levadas ao laboratório de fitopatologia da Unicentro, Guarapuava, PR, para as análises.

3.2.2 Avaliações de trocas gasosas

Foram realizadas cinco medições de trocas gasosas aos 23, 50, 66, 79 e 95

DAT. Para as leituras realizadas utilizou-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha ("Infra Red Gas Analyser – IRGA", modelo LI-6400, LI-COR). A leitura sempre foi realizada no sexto dia após a aplicação dos tratamentos, selecionando-se folhas completamente expandidas em, no mínimo 3 repetições de cada tratamento, localizadas no terço superior da planta. As leituras foram sempre matinais, das 8:00 as 11:00 horas.

3.2.3 Colheita dos frutos de tomate

As plantas úteis de todas as parcelas do experimento I foram colhidas separadamente, a partir do dia 21.10.2018 aos 88 DAT e identificadas por cacho e planta úteis de 1 a 4. O número de frutos totais e comerciais forma contados e a massa da produção total e da produção comercial do cacho foi pesado usando-se balança digital. Seguiram-se as colheitas do segundo cacho aos 102 DAT, o terceiro cacho aos 109 DAT, o quarto cacho aos 116 DAT e o quinto cacho aos 123 DAT no dia 25.11.2018.

3.3 Experimento II – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2019

As mudas do cultivar COLT foram transplantadas em 22.03.2019 diretamente no solo da casa de vegetação.

3.3.1 Aplicação dos tratamentos e coletas

Foram efetuadas 7 aplicações dos tratamentos no experimento II (2019), a partir do dia 20.04.2019, aos 29 dias após o transplante (DAT), com intervalos de 2 semanas. Para cada aplicação foram coletadas amostras de folhas antes da pulverização (0 horas), 12, 24, 72 e 196 horas após a aplicação. Todas as amostras de folhas coletadas foram congeladas e levadas para serem analisadas ao laboratório de Fisiologia Vegetal do Departamento de Botânica, do Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Botucatu (SP).

3.3.2 Avaliações de trocas gasosas

Foram realizadas duas avaliações de trocas gasosas aos 113 e 127 DAT. Para as leituras realizadas utilizou-se equipamento com sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha ("Infra Red Gas Analyser – IRGA", modelo LI-6400, LI-COR). As leituras foram realizadas no 7º dia após a aplicação dos tratamentos, selecionando-se folhas completamente expandidas em, no mínimo 3 repetições de cada tratamento, localizadas no terço superior da planta. As leituras foram realizadas no período das 8:00 às 11:00 h da manhã.

3.4 Características avaliadas

O efeito dos tratamentos foram avaliados por meio das observações das seguintes características: medidas de trocas gasosas, eficiência do uso da água, atividade da enzima Rubisco, fluorescência, conteúdo de clorofila, atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT) e da peroxidação lipídica, produção de frutos e massa média do fruto.

As características de trocas gasosas analisadas foram: taxa de assimilação de CO₂ (A, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa de transpiração (E, $\text{mmol vapor d'água m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO₂ na folha (C_i , $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}\text{ar}$). A eficiência do uso da água (EUA, $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) será determinada através da relação entre assimilação de CO₂ e taxa de transpiração (A/E), descrita por Berry e Downton (1983), além da atividade da Rubisco obtida da relação entre A e C_i .

As medidas foram feitas semanalmente, selecionando-se 4 plantas de cada tratamento, nas quais foram escolhidas e padronizadas as folhas com limbo totalmente expandido.

A atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) foi determinada pela metodologia descrita por Beauchamp e Fridovich (1971). O sistema de reação foi preparado ao abrigo da luz e foi composto por 50 μL de extrato enzimático e 2950 μL de solução tampão fosfato de potássio (50 mmol L^{-1} , pH 7,8) + metionina (13 mmol L^{-1}) + cloreto de azul de p-nitrotetrazólio (NBT, 75 $\mu\text{mol L}^{-1}$) + riboflavina (2 $\mu\text{mol L}^{-1}$) + EDTA (100 nmol L^{-1}), totalizando um volume final de 3000 μL . A reação foi conduzida

à temperatura ambiente sob iluminação por 5 minutos. A inibição na redução fotoquímica do NBT foi avaliada em espectrofotômetro a 560 nm. Na presença de luz, o NBT é convertido em formazan por ação dos radicais superóxido (O_2^-), que são o substrato da SOD. Desta forma, quanto maior a absorbância, maior a concentração de formazan, o que refere maior concentração de radicais O_2^- , indicando menor atividade da SOD em eliminá-los. Uma unidade de SOD (U) é definida como a quantidade de enzima necessária para inibir, em 50%, a fotorredução do NBT e a atividade específica da enzima foi expressa em $U\ mg^{-1}$ de proteína.

A atividade da catalase (CAT) foi determinada pela metodologia descrita por Peixoto *et al.* (1999). O sistema de reação foi composto por 100 μL de extrato enzimático e 1900 μL de solução tampão fosfato de potássio ($50\ mmol\ L^{-1}$, pH 7,0) suplementado com peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , $12,5\ mmol\ L^{-1}$), totalizando um volume final de 2000 μL . A reação foi conduzida à temperatura ambiente por 80 segundos. As leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro a 240 nm aos 0 e 80 segundos, a fim de verificar quanto ocorreu decréscimo na absorbância. Para calcular a atividade específica da enzima, foi utilizado o coeficiente de extinção molar do H_2O_2 ($39,4\ mmol\ L^{-1}\ cm^{-1}$) e a atividade foi expressa em $nmol\ de\ H_2O_2\ consumido\ min^{-1}\ mg^{-1}\ proteína$.

A atividade da enzima peroxidase (POD) foi medida pelo método espectrofotométrico proposto por Teisseire e Guy (2000). O sistema de reação foi composto por 30 μL de extrato enzimático, 500 μL de tampão fosfato de potássio ($50\ mmol\ L^{-1}$, pH 6,5), 250 μL de pirogalol (1,2,3-benzenotriol $20\ mmol\ L^{-1}$) e 220 μL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) $5\ mmol\ L^{-1}$, totalizando um volume final de 1000 μL . A reação foi conduzida à temperatura ambiente por 5 minutos. A formação de purpurogalina foi medida em espectrofotômetro a 430 nm. Para calcular a atividade específica da enzima foi utilizado o seu coeficiente de extinção molar ($2,5\ mmol\ L^{-1}\ cm^{-1}$) e a atividade foi expressa em $\mu mol\ de\ purpurogalina\ min^{-1}\ mg^{-1}\ de\ proteína$.

A peroxidação de lipídios foi determinada de acordo com a técnica descrita por Heath e Packer (1968), citados por Devi e Prasad (1998). Foram utilizadas 200 a 400 mg de folhas frescas congeladas, as quais foram colocadas em almofariz e trituradas em nitrogênio líquido. Em seguida, homogeneizou-se o material vegetal em 5 mL de solução contendo ácido tiobarbitúrico (TBA) 0,25% e ácido tricloroacético (TCA) 10%. A solução extraída foi incubada em banho-maria a $90^\circ C$ por 60 minutos. Após o resfriamento, a solução foi centrifugada a $10000 \times g$ por 15 minutos, à temperatura

ambiente (25°C). Em seguida, o sobrenadante coletado de cada amostra foi submetido a leituras de absorvância em espectrofotômetro a 560 e 600 nm. Para os cálculos, utilizou-se o coeficiente de extinção molar do malondialdeído (155 mmol L⁻¹.cm⁻¹).

Para produção os frutos foram avaliados por: massa fresca do fruto (MFF) avaliada com auxílio de balança digital; diâmetro de frutos aferido com paquímetro digital e classificados de acordo com as normas exigidas na comercialização. Na pós colheita serão avaliados pH; acidez titulável (AT); teor de sólidos solúveis (SS, °Brix); relação SS/AT (“ratio”); perda de massa.

O teor de sólidos solúveis foi aferido com refratômetro digital sendo os resultados expressos em °Brix.

3.5 Análise estatística

Os dados dos dois experimentos (2018 e 2019) foram submetidos aos testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov e Lilliefors, ao teste de homogeneidade de Cochran C, Harthey Barlett e foram padronizados para realizar a análise de componentes principais (ACP). Os dados foram então submetidos à análise de variância, por meio do teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste Tukey (p<0,05). Os dados também foram submetidos a análise multivariada, onde realizou-se a ACP. Inicialmente os atributos foram divididos em três grupos de variáveis para a análise de fator (AF) que foram na sequência apresentadas como ACP 1, ACP 2 e ACP 3.

Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando o software Ambiente R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2016).

3.5.1 Experimento I – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2018

Para a ACP 1 a análise iniciou com as 140 variáveis relacionadas ao estresse oxidativo (enzimas SOD, CAT e POD, avaliações de trocas gasosas e a área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD). Na segunda ACP foram analisadas 32 variáveis relacionadas com a produtividade e qualidade de frutos, incluindo dados de produção, pós-colheita e controle da doença. Já na ACP 3 foram avaliadas as 81

variáveis relacionadas ao possível efeito fisiológico dos tratamentos: crescimento das plantas, trocas gasosas e produção.

No entanto, as comunalidades dos atributos que apresentaram valores inferiores a 0,8 foram descartadas, pois não foram considerados importantes no conjunto de dados. Assim, a ACP 1 foi finalizada com 10 variáveis (4SOD12, 7POD168, A50DAT, Ci50DAT, A/Ci50DAT, gs66DAT, A95DAT, A/Ci95DAT, ETR95DAT e qP95DAT).

A ACP 2 finalizou com 8 variáveis (AT10DAC, AT/SS0DAC, AT/SS10DAC, PESO TOT, PROD (t/ha), PESO COM, # FRUTOS COM e #FRUTOS TOT) e a ACP 3 com 23 variáveis (ALTAV1, ALTAV2, ALTAV3, ALTAV4, ALTAV7, ALTAV8, Fv/Fm66DAT, A66DAT, gs66DAT, A/Ci66DAT, qNP79DAT e Fv/Fm79DAT). Também foram realizadas as matrizes de correlação de Pearson para cada conjunto de variáveis (ACP1, ACP 2 e ACP 3).

3.5.2 Experimento II – Tomateiro cultivar COLT instalado em Salto, SP – 2019

Para a ACP 1 a análise iniciou com as 207 variáveis relacionadas ao estresse oxidativo (enzimas SOD, CAT e POD, peroxidação lipídica, pigmentos fotossintéticos, avaliações de trocas gasosas e AACPD). Na segunda ACP foram analisadas 21 variáveis relacionadas com a produtividade e qualidade de frutos, incluindo dados de produção, pós-colheita e controle da doença. Já na ACP 3 foram avaliadas as 94 variáveis relacionadas ao possível efeito fisiológico dos tratamentos: crescimento das plantas, teor de pigmentos fotossintético, trocas gasosas e produção.

No entanto, as comunalidades dos atributos que apresentaram valores inferiores a 0,8 foram descartadas, pois não foram considerados importantes no conjunto de dados. Sendo assim, a ACP 1 foi finalizada com 11 variáveis (2SOD168, 2POD12, 2Car72, 4Car72, 4Chlb72, 4Chla72, 5Car72, 5Chla72, 5Chlb72, 6Ant72 e 7CAT12).

A ACP 2 finalizou com 6 variáveis (AT/SS15DAC, SS (kg/ha), PESOCOM, #FRUTOSCOM, PORCFRUTCOM e AT15DAC) e ACP 3 com 6 variáveis (%CRESC3-4, E99DAT, 7Chla72, gs99DAT, #FRUTOSCOM e PESOCOM) Também foram realizadas as matrizes de correlação de Pearson para cada conjunto de variáveis (ACP1, ACP 2 e ACP 3).

4 RESULTADOS

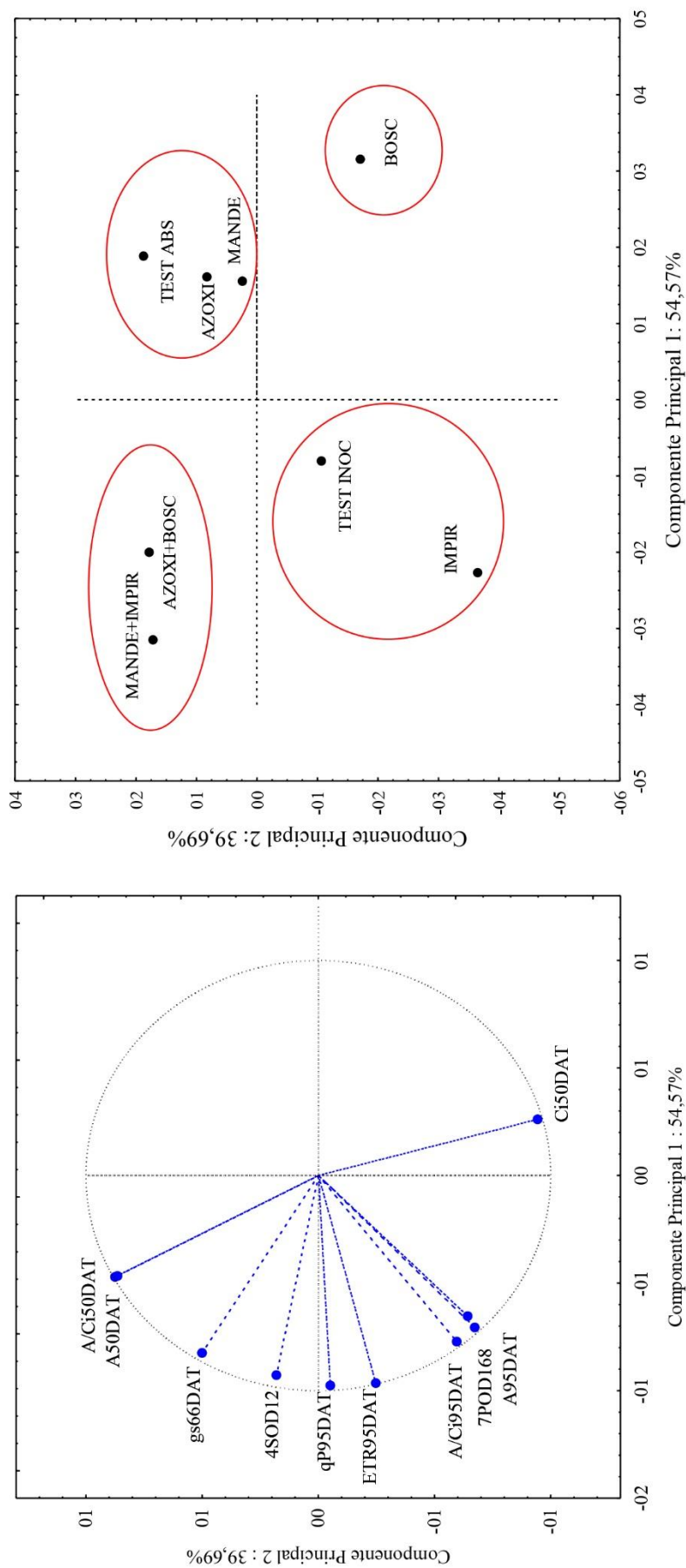
4.1 Respostas ao estresse oxidativo

Os efeitos dos tratamentos na atividade das enzimas antioxidativas e os possíveis danos na eficiência fotossintética foram diagnosticados por meio da análise de componentes principais (ACP1), para o experimento em 2018, que explicou 94,3% da variância dos dados, a partir de duas componentes principais (Figura 1A e 1B). O modelo proposto reuniu os oito tratamentos testados em quatro grupos, em função dos atributos de maior peso em cada quadrante, sendo possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

As plantas tratadas com AZOXI+BOSC e MANDE+IMPIR (localizados no quadrante I) formaram um grupo por apresentarem maior atividade da enzima SOD às 12 horas após a quarta aplicação (Figura 2), também promoveram maiores condutância estomática (g_s) aos 66 dias após o transplante (DAT), taxa de assimilação de CO_2 (A) e eficiência de carboxilação (A/C_i) aos 50 DAT (Tabela 3).

De acordo com a matriz de correlação de Pearson (Tabela 2) a g_s aos 66 DAT foi positivamente correlacionada com A e A/C_i aos 50 DAT, indicando que quanto maior a condutância estomática, maiores são as taxas de assimilação de CO_2 e a eficiência de carboxilação da Rubisco proporcionadas pela aplicação dos tratamentos com AZOXI+BOSC e MANDE+IMPIR a partir dos 50 DAT. A g_s aos 66 DAT também apresentou correlação positiva (0,809) com o coeficiente de extinção fotoquímico aos 95 DAT (qP_{95DAT}).

Figura 1 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Atividade das enzima SOD após 12 horas da 4ª aplicação (4SOD12) e POD após 168 horas da 7ª aplicação (7POD168), condutância estomática aos 66 dias após transplantio (gs66DAT), taxa de assimilação de CO₂ aos 50 e 95 DAT (A50DAT e A95DAT), concentração interna de CO₂ na folha aos 50 DAT (Ci50DAT), eficiência de carboxilação aos 50 e 95 DAT (A/Ci50DAT e A/Ci95DAT), taxa de transporte de elétrons aos 95 DAT (ETR95DAT) e coeficiente de extinção fotoquímica aos 95 DAT (qp95DAT).

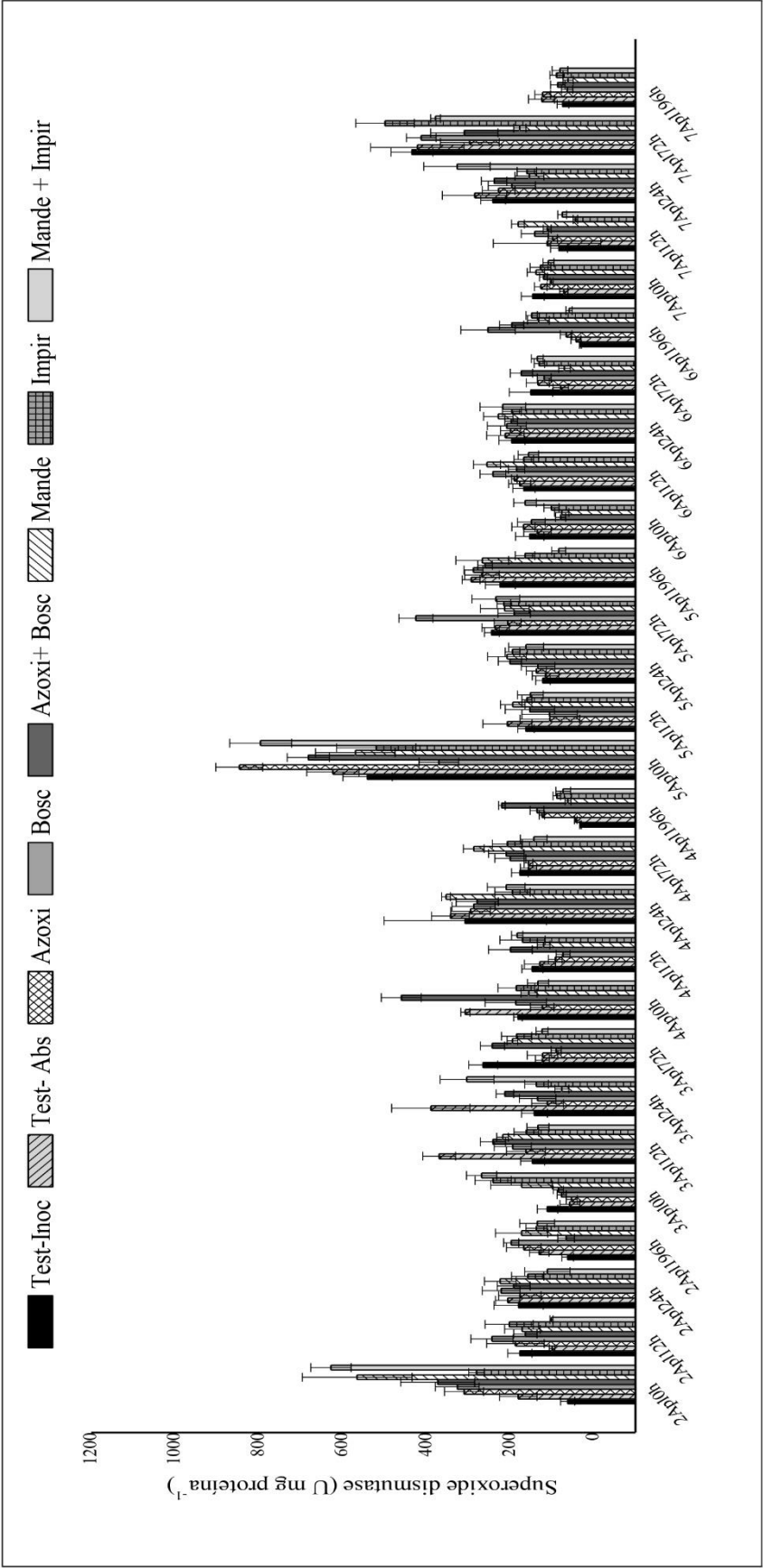
Tabela 2 - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

	4SOD12	7POD168	A50DAT	Ci50DAT	A/Ci50DAT	gs66DAT	A95DAT	A/Ci95DAT	qp95DAT	ETR95DAT
4SOD12	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7POD168	0,57370	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-
A50DAT	0,59571	-0,28424	1,00000	-	-	-	-	-	-	-
Ci50DAT	-0,42022	0,36999	-0,90828*	1,00000	-	-	-	-	-	-
A/Ci50DAT	0,60540	-0,26928	0,99669*	-0,93115*	1,00000	-	-	-	-	-
gs66DAT	0,77888	0,16192	0,80118*	-0,68524	0,81128*	1,00000	-	-	-	-
A95DAT	0,50452	0,81874*	-0,21899	0,48953	-0,23797	0,26393	1,00000	-	-	-
A/Ci95DAT	0,56428	0,80462*	-0,12733	0,39838	-0,14309	0,36532	0,99274*	1,00000	-	-
qp95DAT	0,86034*	0,65513	0,38557	-0,21683	0,40138	0,80964*	0,70785	0,78056	1,00000	-
ETR95DAT	0,84075*	0,79445	0,23187	-0,02677	0,23722	0,67254	0,83974*	0,88825*	0,96401*	1,00000

Fonte: WEBER (2018).

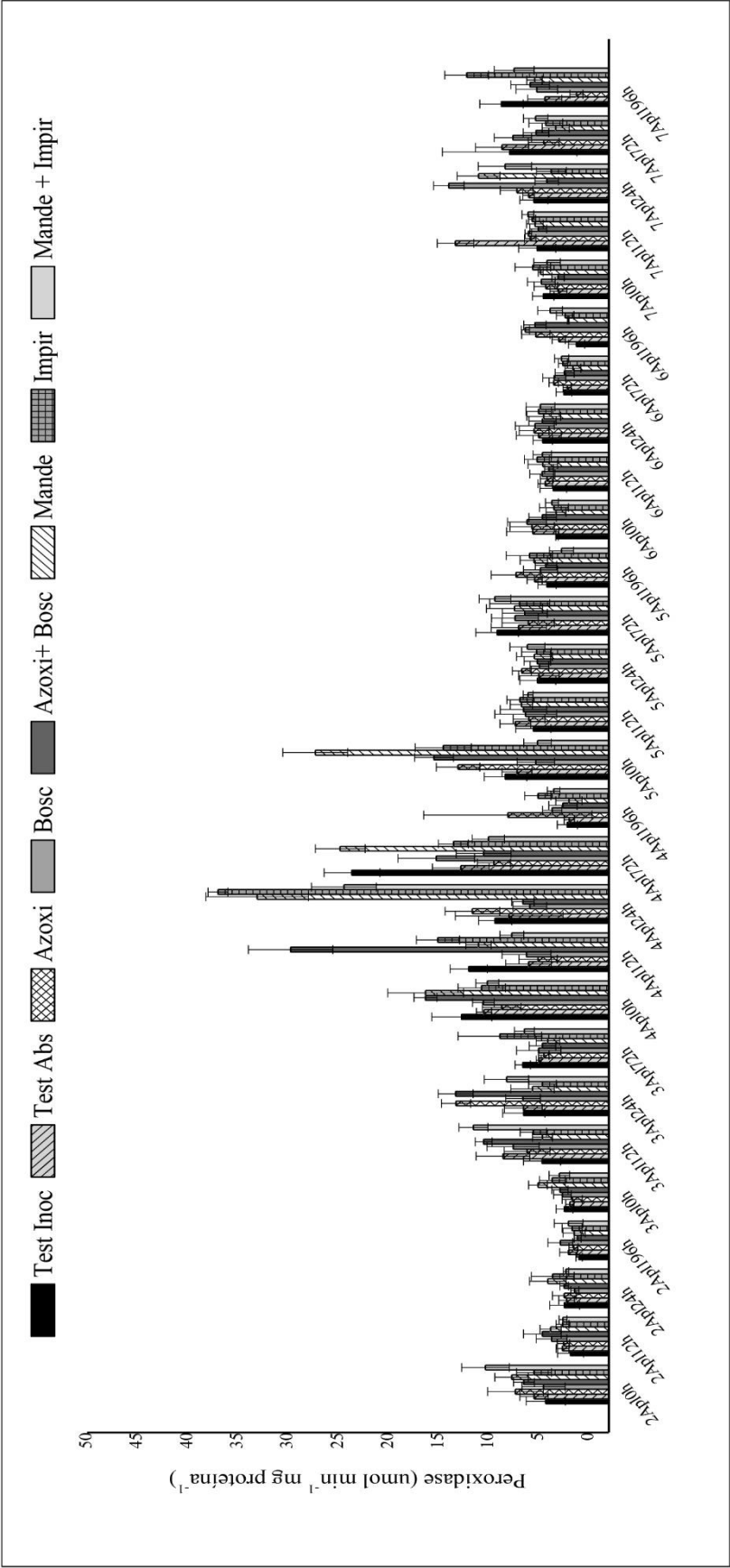
(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.
 Atividade das enzima SOD após 12 horas da 4ª aplicação (4SOD12) e POD após 168 horas da 7ª aplicação (7POD168), condutância estomática aos 66 dias após transplantio (gs66DAT), taxa de assimilação de CO₂ aos 50 e 95 DAT (A50DAT e A95DAT), concentração interna de CO₂ na folha aos 50 DAT (Ci50DAT), eficiência de carboxilação aos 50 e 95 DAT (A/Ci50DAT e A/Ci95DAT), taxa de transporte de elétrons aos 95 DAT (ETR95DAT) e coeficiente de extinção fotoquímica aos 95 DAT (qp95DAT).

Figura 2 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, U mg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



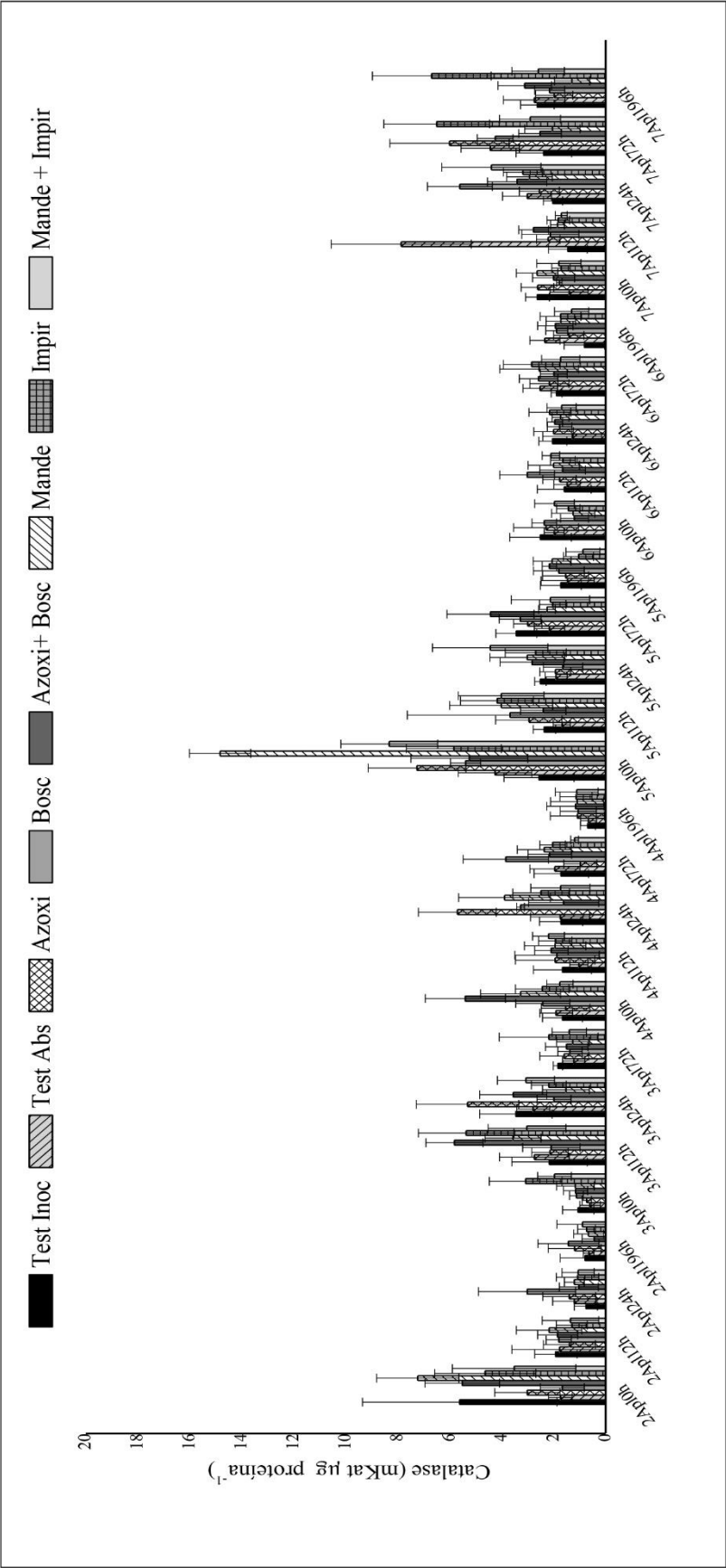
Fonte: WEBER (2018).

Figura 3 - Atividade da enzima peroxidase (POD, $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg prote\acute{a}na}^{-1}$) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiol\u00f3gicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padr\u00e3o da m\u00e9dia ($n = 5$). Fazenda Itua\u00fa, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Figura 4 - Atividade da enzima catalase (CAT, mKat µg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Tabela 3 - Valores médios de taxa de assimilação de CO₂ (*A*, µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*gs*, mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*Ci*, µmol CO₂ mol⁻¹ ar), eficiência de carboxilação (*A/Ci*), taxa de transpiração (*E*, mmol vapor d'água m⁻² s⁻¹), eficiência do uso da água (*EUA*, µmol CO₂ (mmol H₂O)⁻¹) e taxa relativa de transferência de elétrons (*ETR*), eficiência máxima do PSII adaptado ao escuro (*F_v/F_m*) coeficiente de extinção fotoquímica (*qP*) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (*qNP*) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos, Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

Avaliação aos 23 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>A/Ci</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>
TEST INOC	20,24a	0,367a	286,11a	6,54a	3,27a	0,071a	0,48a	0,36a	2,03a	104,51a
TEST ABS	17,95a	0,391a	305,61a	7,02a	2,64a	0,059a	0,47a	0,37a	2,08a	105,74a
AZOXI	17,78a	0,399a	306,82a	7,02a	2,73a	0,058a	0,47a	0,33a	2,17a	94,27a
BOSC	20,89a	0,361a	284,1a	6,75a	3,20a	0,073a	0,47a	0,39a	1,83a	112,54a
AZOXI+BOSC	23,13a	0,381a	279,23a	6,51a	3,87a	0,084a	0,49a	0,41a	1,98a	122,25a
MANDE	16,47a	0,358a	307,21a	6,30a	2,74a	0,054a	0,49a	0,33a	1,95a	100,06a
IMPIR	19,10a	0,358a	294,51a	6,16a	3,08a	0,066a	0,49a	0,39a	1,97a	113,98a
MANDE+IMPIR	17,76a	0,368a	302,69a	6,04a	2,96a	0,059a	0,48a	0,35a	2,09a	103,41a
CV (%)	20,23	15,5	6,11	24,35	28,86	25,39	3,86	23,13	10,49	21,98
Avaliação aos 50 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>A/Ci</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>
TEST INOC	20,37a	0,580a	321,17a	8,12a	2,49a	0,064a	0,53a	0,30a	1,66a	97,53a
TEST ABS	21,44a	0,530a	308,74a	8,00a	2,84a	0,069a	0,51a	0,38a	1,87a	119,92a
AZOXI	21,23a	0,590a	318,44a	7,67a	2,79a	0,067a	0,52a	0,37a	1,87a	116,67a
BOSC	18,54a	0,600a	328,91a	8,70a	2,19a	0,056a	0,51a	0,35a	1,88a	107,45a
AZOXI+BOSC	24,23a	0,560a	310,09a	7,45a	3,45a	0,078a	0,52a	0,42a	1,89a	131,08a
MANDE	20,48a	0,530a	317,27a	7,50a	2,87a	0,065a	0,53a	0,35a	1,76a	113,72a
IMPIR	18,49a	0,580a	331,73a	7,72a	2,35a	0,057a	0,54a	0,33a	1,72a	108,19a
MANDE+IMPIR	23,66a	0,540a	304,59a	7,08a	3,51a	0,077a	0,50a	0,41a	1,98a	127,68a
CV (%)	18,14	14,73	4,77	22,16	26,52	20,89	4,76	19,94	9,75	16,74
Avaliação aos 66 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>A/Ci</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>
TEST INOC	16,68a	0,384a	296,59a	8,22a	2,04a	0,056a	0,50a	0,43a	1,72a	131,43a
TEST ABS	16,53a	0,372a	296,4a	8,76a	2,01a	0,056a	0,49a	0,47a	1,38a	141,61a
AZOXI	18,04a	0,384a	293,94a	8,03a	2,31a	0,061a	0,50a	0,44a	1,68a	136,30a
BOSC	16,82a	0,317a	282,47a	7,92a	2,14a	0,060a	0,50a	0,45a	1,55a	138,38a
AZOXI+BOSC	19,84a	0,414a	292,31a	7,98a	2,61a	0,068a	0,53a	0,47a	1,49a	154,23a
MANDE	16,37a	0,347a	294,92a	7,51a	2,40a	0,055a	0,49a	0,47a	1,69a	141,22a
IMPIR	19,59a	0,376a	287,42a	7,97a	2,49a	0,068a	0,51a	0,49a	1,62a	151,13a
MANDE+IMPIR	20,32a	0,456a	297,08a	8,71a	2,43a	0,068a	0,51a	0,49a	1,54a	155,14a
CV (%)	13,63	15,10	4,49	20,70	23,76	16,30	4,61	13,22	11,69	12,08
Avaliação aos 79 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>A/Ci</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>

TEST INOC	15,69a	0,315a	284,3a	6,85a	2,39a	0,055a	0,48a	0,42a	1,89a	122,88a
TEST ABS	10,15a	0,187a	280,41a	5,22a	1,82a	0,037a	0,45a	0,33a	1,92a	91,73a
AZOXI	5,69a	0,118a	249,36a	3,02a	2,34a	0,022a	0,46a	0,28a	1,86a	77,44a
BOSC	6,68a	0,093a	252,55a	3,01a	2,22a	0,026a	0,45a	0,29a	1,91a	79,23a
AZOXI+BOSC	14,32a	0,256a	250,77a	5,84a	3,34a	0,054a	0,49a	0,38a	1,80a	114,96a
MANDE	2,98a	0,049a	266,65a	1,63a	1,79a	0,014a	0,47a	0,27a	1,93a	90,91a
IMPIR	13,13a	0,237a	278,77a	6,37a	2,21a	0,046a	0,43a	0,37a	1,87a	108,25a
MANDE+IMPIR	12,54a	0,262a	270,36a	5,76a	2,52a	0,045a	0,47a	0,36a	1,85a	103,38a
CV (%)	68,59	79,26	18,14	72,12	42,29	63,12	7,18	27,61	9,78	31,62

Avaliação aos 95 DAT

TRATAMENTOS	A	gs	Ci	E	EUA	A/Ci	Fv/Fm	qP	qNP	ETR
TEST INOC	7,47a	0,126a	278,63a	3,07a	2,15a	0,028a	0,47a	0,23a	1,79a	68,08a
TEST ABS	1,53a	0,022a	251,67a	0,82a	2,37a	0,006a	0,45a	0,18a	1,94a	47,14a
AZOXI	4,56a	0,055a	354,96a	1,65a	3,59a	0,018a	0,42a	0,19a	2,19a	51,03a
BOSC	5,35a	0,119a	299,02a	3,36a	1,61a	0,018a	0,53a	0,14a	1,53a	46,99a
AZOXI+BOSC	6,60a	0,100a	259,75a	2,36a	3,04a	0,025a	0,47a	0,23a	1,79a	69,34a
MANDE	3,53a	0,045a	259,29a	1,46a	2,60a	0,014a	0,47a	0,19a	1,83a	54,94a
IMPIR	11,36a	0,217a	277,61a	4,58a	2,53a	0,041a	0,51a	0,27a	1,77a	81,57a
MANDE+IMPIR	6,89a	0,094a	245,92a	2,39a	2,94a	0,028a	0,46a	0,28a	1,91a	79,17a
CV (%)	86,23	100,44	25,63	88,35	40,30	84,81	11,75	39,76	14,80	43,74

Fonte: WEBER (2018).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

A atividade da enzima SOD às 12 horas após a quarta aplicação foi positivamente correlacionada com a *ETR* e o *qP* aos 95 DAT. A taxa de assimilação de CO_2 apresentou correlação positiva com a *A/Ci*, tanto aos 50 DAT quanto aos 95 DAT (Tabela 2).

Os tratamentos IMPIR e TEST INOC (localizados no quadrante II) apresentaram maior atividade da enzima POD às 168 horas após a sétima aplicação, maior taxa de transporte de elétrons (*ETR*), taxa de assimilação de CO_2 (*A*), eficiência de carboxilação (*A/Ci*) e coeficiente de extinção fotoquímico (*qP*) aos 95 DAT (Figuras 1A e 1B). Houve correlação positiva entre as variáveis *A* e *A/Ci* aos 95 DAT e atividade da enzima POD às 168 horas após a sétima aplicação (0,818 e 0,804, respectivamente). A *ETR* aos 95 DAT foi correlacionada positivamente com a *A*, *A/Ci* e *qP* aos 95 DAT (Tabela 2).

O tratamento BOSC (localizado no quadrante III) se destacou apenas por apresentar a maior concentração interna de CO_2 na folha (*Ci*) aos 50 DAT. Houve correlação negativa entre as variáveis *Ci* e *A* (-0,908) e *A/Ci* (-0,931) aos 50 DAT (Tabela 2). A aplicação dos tratamentos AZOXI, MANDE e TEST ABS em plantas de

tomateiro, formaram um grupo no quadrante IV por não afetarem nenhuma das características avaliadas na ACP 1 (Figuras 1A e 1B).

Quanto aos efeitos dos tratamentos nos parâmetros fotoquímicos (avaliações de trocas gasosas), de maneira geral (Tabela 3), se observou diferentes efeitos proporcionados pelos tratamentos ao longo das avaliações. Quando se compara os parâmetros avaliados aos 23 DAT com a avaliação aos 50 DAT, nota-se que houve aumento dos parâmetros *gs*, *Ci* e *E* para todos os tratamentos avaliados. No entanto, a taxa de assimilação de CO_2 apresentou queda após a aplicação de BOSC (de $20,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $18,54 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e de IMPIR (de $19,10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $18,49 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e nos demais tratamentos houve aumento de *A*.

A eficiência do uso da água teve redução nos tratamentos TEST INOC (de $3,27 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $2,49 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$), BOSC (de $3,20 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $2,19 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$), AZOXI+BOSC (de $3,87 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $3,45 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e IMPIR (de $3,08 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $2,35 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) os demais manteve ou aumentou a *EUA*. A eficiência de carboxilação teve o mesmo comportamento do observado para a *EUA*, apresentando redução nos tratamentos TEST INOC, BOSC, AZOXI+BOSC e IMPIR. No entanto, houve aumento nas plantas tratadas com AZOXI (de $0,058 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,067 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), MANDE (de $0,054 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,065 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e MANDE+IMPIR (de $0,059 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,077 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) entre as avaliações aos 23 DAT e 50 DAT.

O coeficiente de extinção fotoquímico apresentou queda nos tratamentos TEST INOC, BOSC e IMPIR, no entanto houve incremento para os demais. Já o coeficiente de extinção não-fotoquímico apresentou aumento apenas no tratamento BOSC. A *ETR* teve o mesmo comportamento de *qP*, entre as avaliações aos 23 DAT e 50 DAT.

Na comparação entre as avaliações aos 50 e 66 DAT (Tabela 3), observou-se que a taxa de assimilação de CO_2 teve incremento apenas no tratamento IMPIR (de $18,49 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $19,59 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), nos demais houve decréscimo de *A*. A condutância estomática e a concentração interna de CO_2 diminuiu em todos os tratamentos. Já a taxa de transpiração reduziu apenas para o tratamento BOSC (de $8,70 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $7,92 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), os demais aumentaram ou mantiveram *E*.

A eficiência do uso da água apresentou incremento para o tratamento IMPIR (de $2,35 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $2,49 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$), enquanto que nos

demais houve queda em *EUA*. A concentração interna de CO_2 apresentou aumento nos tratamentos BOSC (de $0,056 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para $0,060 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) e IMPIR (de $0,057 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para $0,068 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), os demais diminuiu a *Ci* aos 66 DAT. O *qP* e a *ETR* aumentaram em todos os tratamentos e *qNP* só aumentou na TEST INOC (de 1,66 para 1,72) entre as avaliações aos 50 e 66 DAT.

Comparando os parâmetros entre as avaliações aos 66 e 79 DAT (Tabela 3), observou-se que os parâmetros *A*, *gs*, *Ci*, *E*, *A/Ci*, *qP* e *ETR* diminuíram em todos os tratamentos. No entanto, as maiores quedas na taxa de assimilação de CO_2 foram observadas para os tratamentos AZOXI (de $18,04 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $5,69 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), BOSC (de $16,82 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $6,68 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e MANDE (de $16,37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $2,98 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Na condutância estomática a maior queda foi observada em MANDE (de $0,347 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,049 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) seguido de BOSC (de $0,317 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,093 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

A taxa de transpiração apresentou queda nos tratamentos MANDE (de $7,51 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $1,63 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) seguido BOSC (de $7,92 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $3,01 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e AZOXI (de $8,03 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $3,02 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). A eficiência de carboxilação também apresentou queda drástica no tratamento MANDE (de $0,055 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,014 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) seguido de AZOXI (de $0,061 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,022 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já a eficiência do uso da água diminuiu para MANDE (de $2,40 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $1,79 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e IMPIR (de $2,49 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para $2,21 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$), enquanto que nos demais tratamentos aumentou ou manteve a *EUA*. O *qNP* aumentou em todos eles entre as avaliações aos 66 DAT e 79 DAT.

Entre as avaliações aos 79 e 95 DAT (Tabela 3), os parâmetros *A*, *A/Ci*, *qP* e *ETR* diminuíram em todos os tratamentos. A condutância estomática aumentou só nas plantas do tratamento BOSC (de $0,093 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $0,119 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já a concentração interna de CO_2 aumentou nos tratamentos AZOXI (de $249,36 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para $354,96 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), BOSC (de $252,55 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para $299,02 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$) e AZOXI+BOSC (de $250,77 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para $259,75 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$).

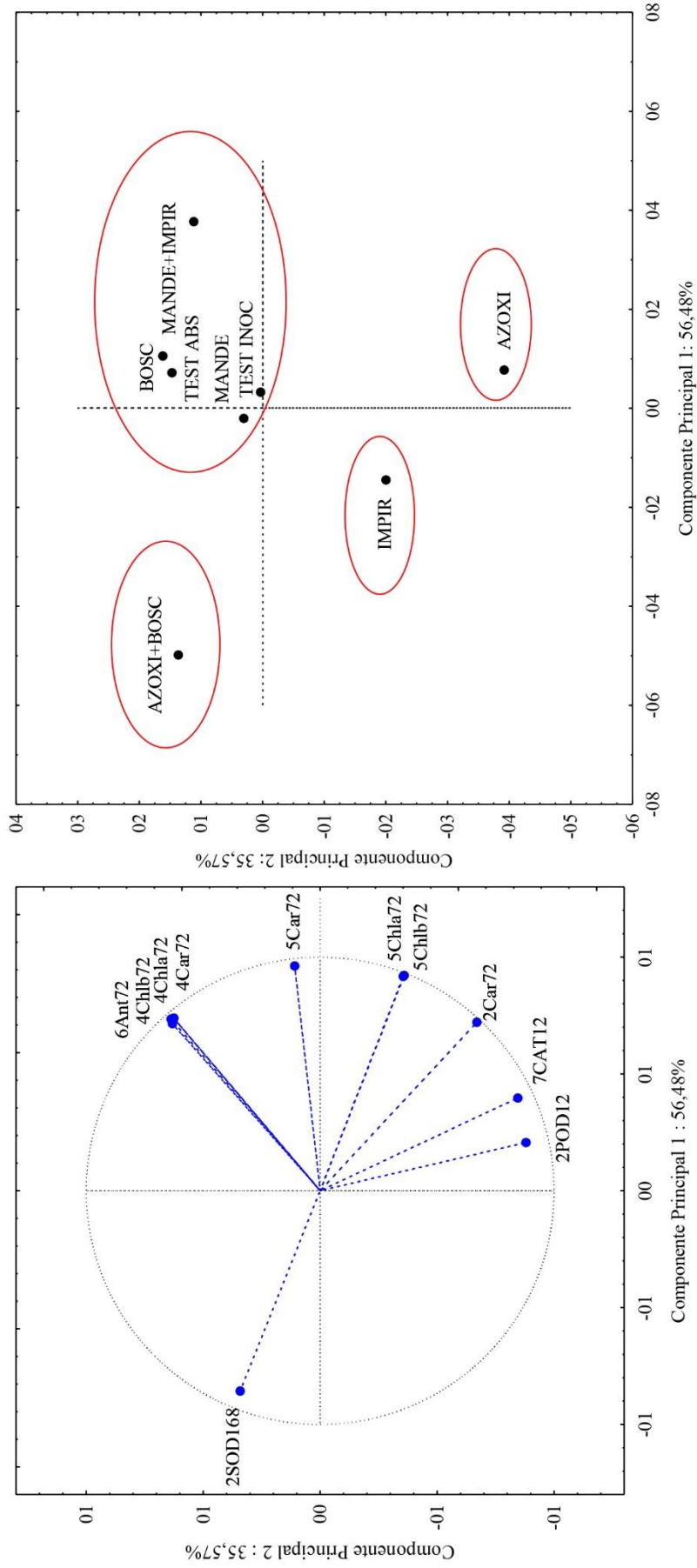
A taxa de transpiração aumentou no tratamento BOSC de $3,01 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para $3,36 \text{ mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, enquanto que a eficiência do uso da água diminuiu nos tratamentos TEST INOC (de $2,39 \mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para

2,15 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$), BOSC (de 2,22 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para 1,61 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$) e AZOXI+BOSC (de 3,34 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$ para 3,04 $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$). O coeficiente de extinção não-fotoquímico apresentou incremento nos tratamentos AZOXI (de 1,86 para 2,19) e MANDE+IMPIR (de 1,85 para 1,91), entre as avaliações aos 79 e 95 DAT.

A eficiência máxima do PSII adaptado ao escuro (razão F_v/F_m) avaliadas no experimento de 2018 apresentaram valores abaixo de 0,55 em todas as avaliações, indicando que possivelmente as plantas estavam sob algum tipo de fator estressante (Tabela 3). Os valores na avaliação aos 23 DAT apresentaram valores entre 0,47 e 0,49, aos 50 DAT entre 0,50 e 0,54, aos 66 DAT entre 0,49 e 0,53, aos 79 DAT entre 0,43 e 0,49 e aos 95 DAT entre 0,42 e 0,53.

No experimento realizado no ano de 2019, os efeitos dos tratamentos na expressão das enzimas SOD, POD e CAT, na peroxidação lipídica, concentração de pigmentos e os possíveis danos na eficiência fotossintética também foram diagnosticados por meio da análise de componentes principais (ACP1), que explicou 92 % da variância dos dados, a partir de duas componentes principais (Figura 5A e 5B). Neste experimento, o modelo proposto também reuniu os oito tratamentos avaliados em quatro grupos, sendo possível verificar diferenças significativas entre os tratamentos.

Figura 5 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).
Atividade das enzimas SOD após 168 horas da 2ª aplicação (2SOD168), POD após 12 horas da 2ª aplicação (2POD12), CAT após 12 horas da 7ª aplicação (7CAT12) concentração de clorofila a e b após 72 horas da 4ª e 5ª aplicação (4Chla72, 5Chla72, 4Chlb72 e 5Chlb72), carotenoides após 72 horas da 2ª, 4ª e 5ª aplicação (2Car72, 4Car72 e 5Car72) e antocianinas após 72 horas da 6ª aplicação (6Ant72).

Tabela 4 - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 1 (ACP 1) para os efeitos no estresse oxidativo após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

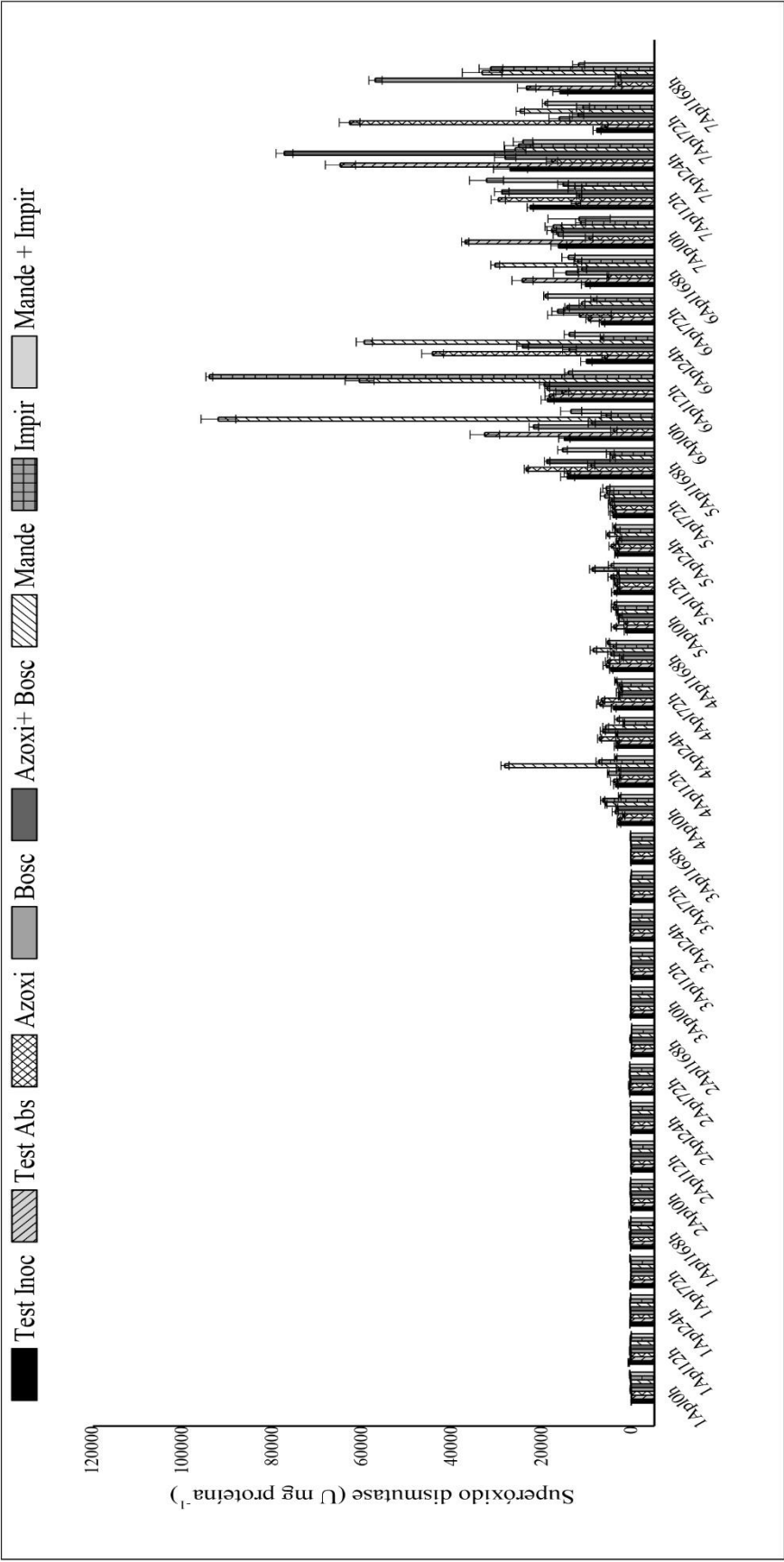
	2Car72	4Chla72	4Chlb72	4Car72	5Chla72	5Chlb72	5Car72	6Ant72	2POD12	2SOD168	7CAT12
2Car72	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4Chla72	0,11897	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4Chlb72	0,10540	0,96986*	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-
4Car72	0,08556	0,95820*	0,98416*	1,00000	-	-	-	-	-	-	-
5Chla72	0,89935*	0,43070	0,41552	0,43064	1,00000	-	-	-	-	-	-
5Chlb72	0,90424*	0,43086	0,43099	0,43137	0,99310*	1,00000	-	-	-	-	-
5Car72	0,60243	0,73629	0,74462	0,76664	0,86427*	0,84908*	1,00000	-	-	-	-
6Ant72	0,08265	0,89035*	0,90135*	0,91775*	0,45668	0,45734	0,74768	1,00000	-	-	-
2POD12	0,68029	-0,40000	-0,32077	-0,30770	0,46037	0,48919	0,07820	-0,40401	1,00000	-	-
2SOD168	-0,87970*	-0,40842	-0,40331	-0,35806	-0,90345*	-0,91417*	-0,81190*	-0,32574	-0,39491	1,00000	-
7CAT12	0,85020*	-0,21345	-0,19968	-0,17734	0,64455	0,64092	0,24901	-0,22457	0,87321*	-0,52238	1,00000

Fonte: WEBER (2019).

(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

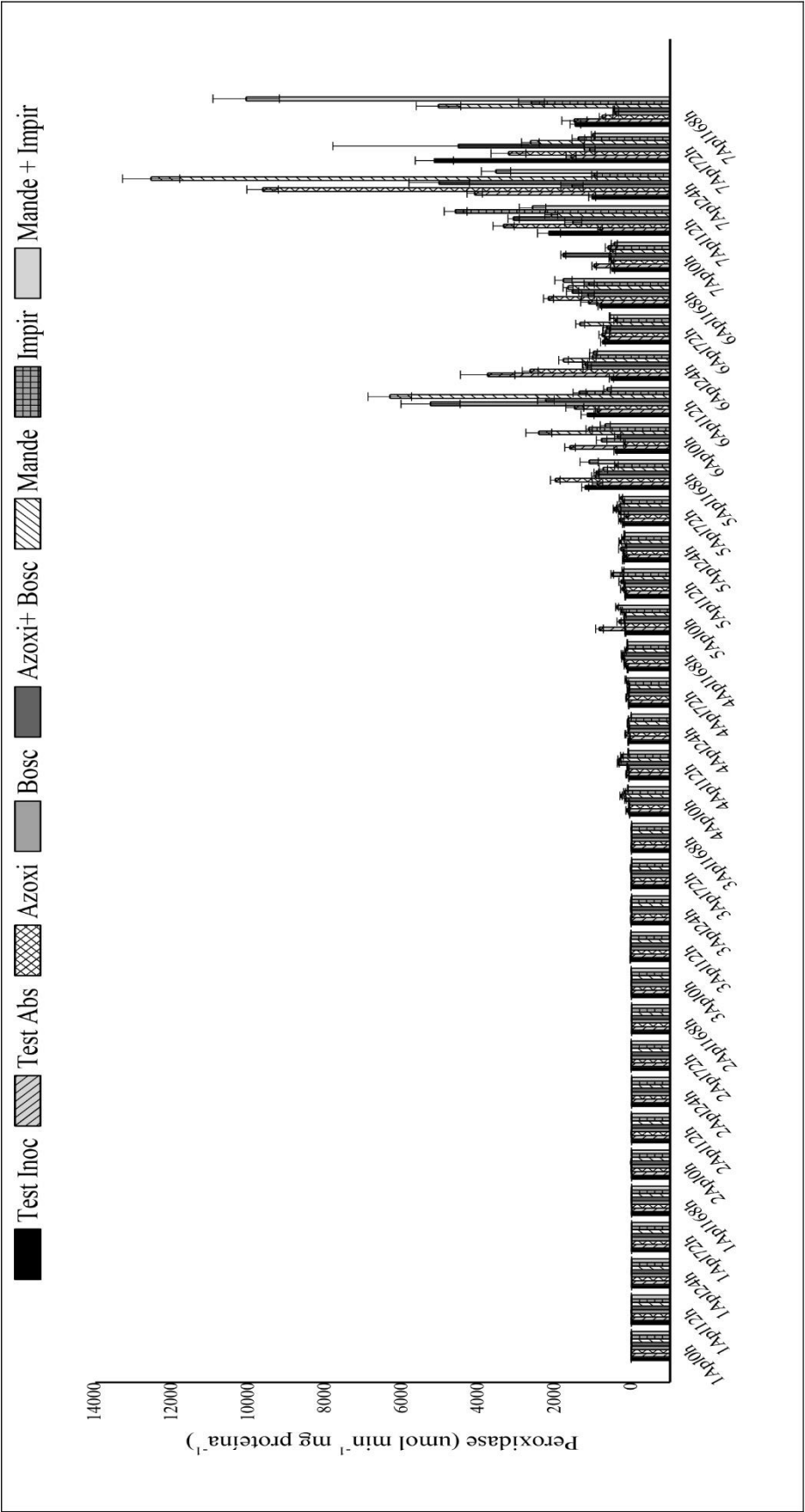
Atividade das enzimas SOD após 168 horas da 2ª aplicação (2SOD168), POD após 12 horas da 2ª aplicação (2POD12), CAT após 12 horas da 7ª aplicação (7CAT12) concentração de clorofila a e b após 72 horas da 4ª e 5ª aplicação (4Chla72, 5Chla72, 4Chlb72 e 5Chlb72), carotenoides após 72 horas da 2ª, 4ª e 5ª aplicação (2Car72, 4Car72 e 5Car72) e antocianinas após 72 horas da 6ª aplicação (6Ant72).

Figura 6 - Atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, U mg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



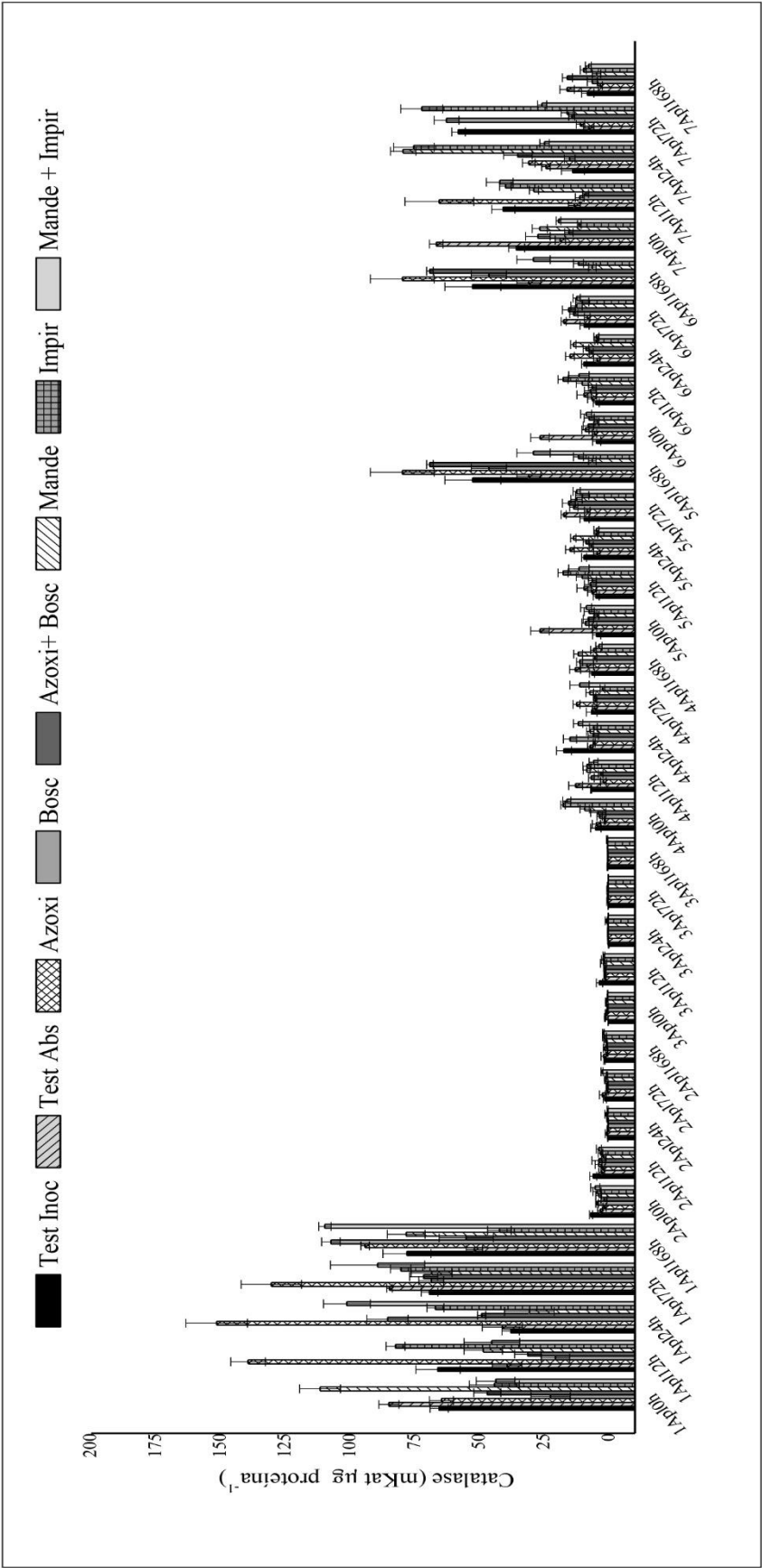
Fonte: WEBER (2019).

Figura 7 - Atividade da enzima peroxidase (POD, $\mu\text{mol min}^{-1} \text{mg prote\acute{a}na}^{-1}$) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiol\u00f3gicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padr\u00e3o da m\u00e9dia (n = 5). Fazenda Itua\u00fa, Salto, SP, 2019.



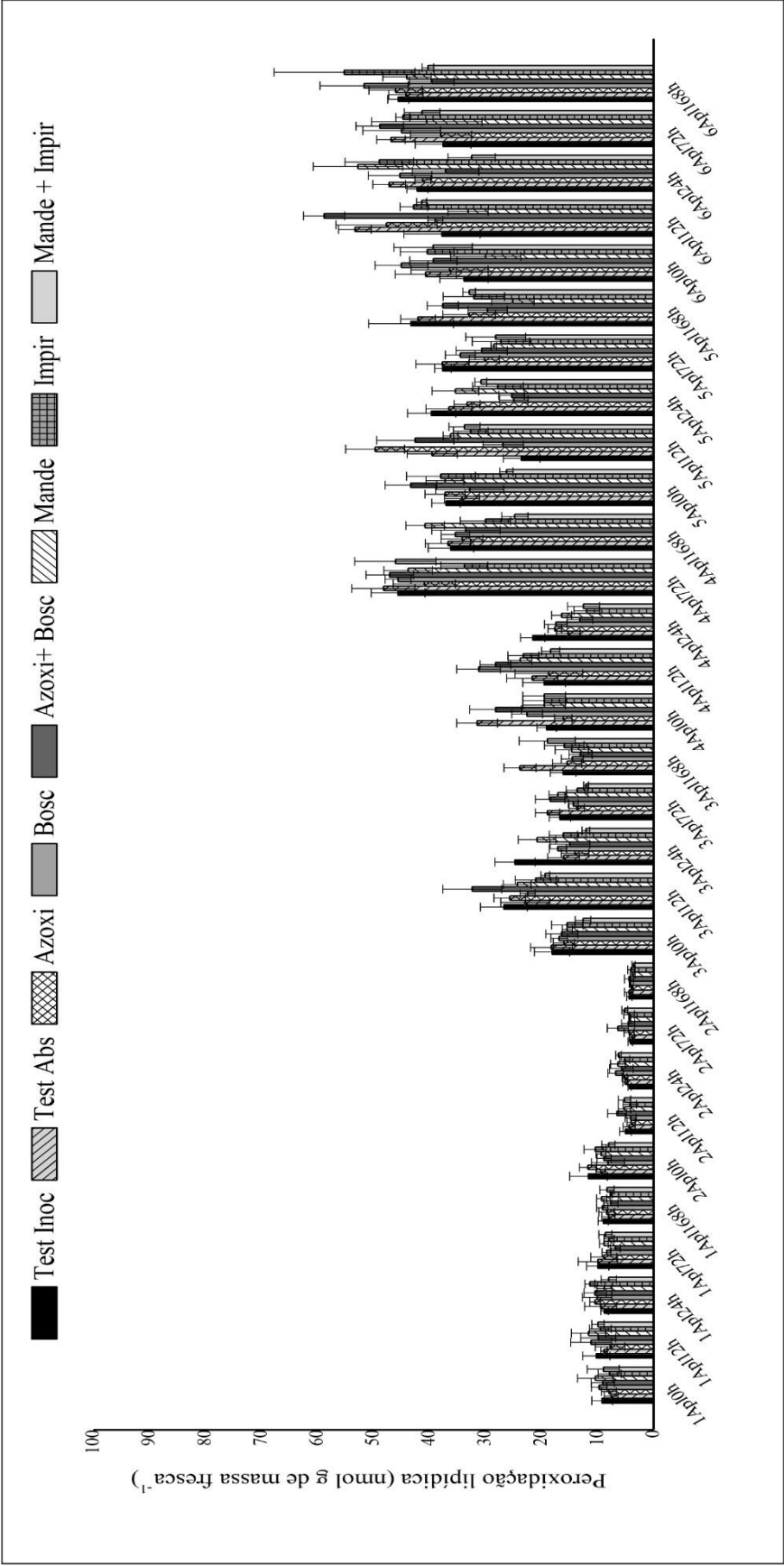
Fonte: WEBER (2019).

Figura 8 - Atividade da enzima catalase (CAT, mKat µg proteína⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



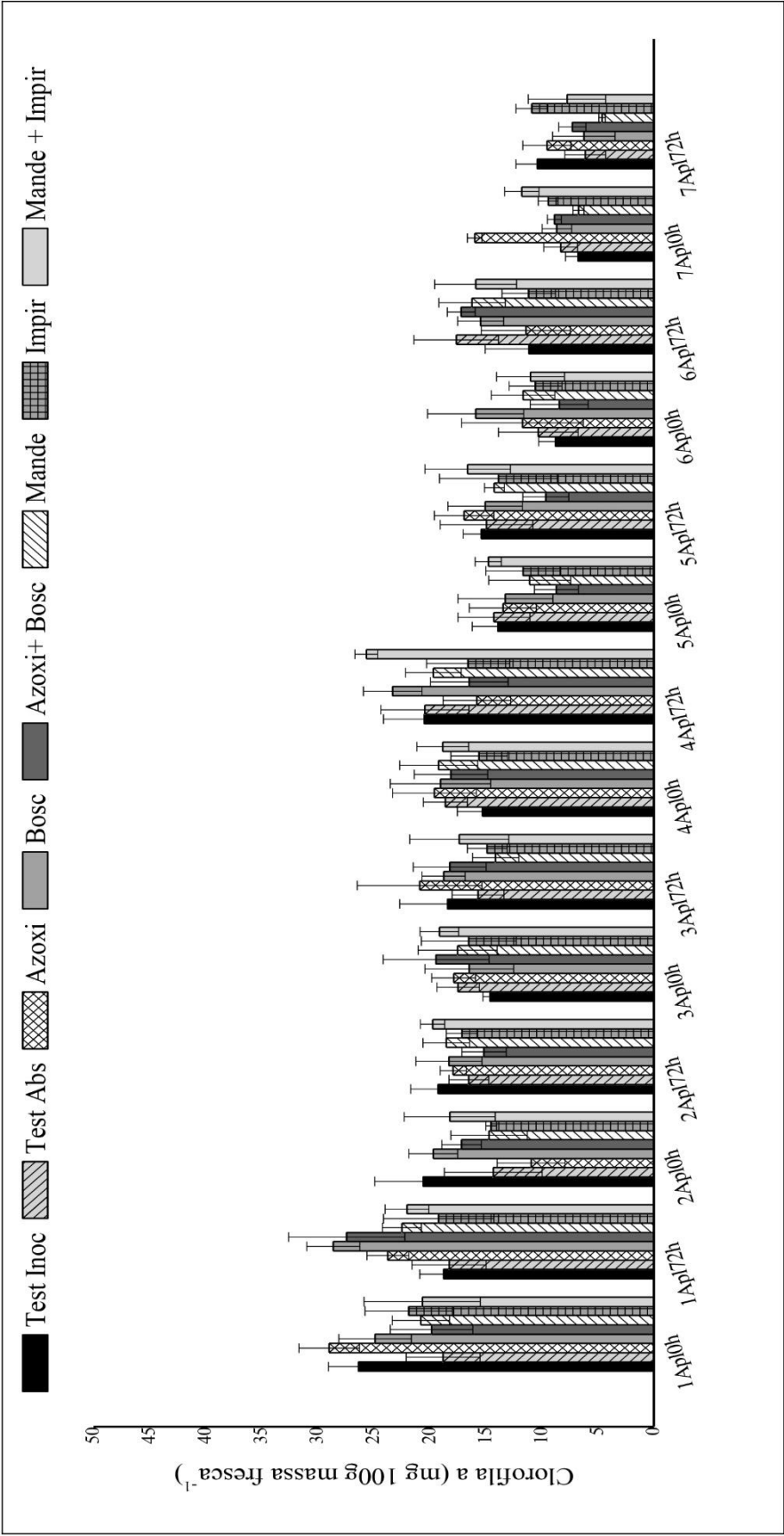
Fonte: WEBER (2019).

Figura 9 - Peroxidação lipídica (LIPO, mmol g massa fresca⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



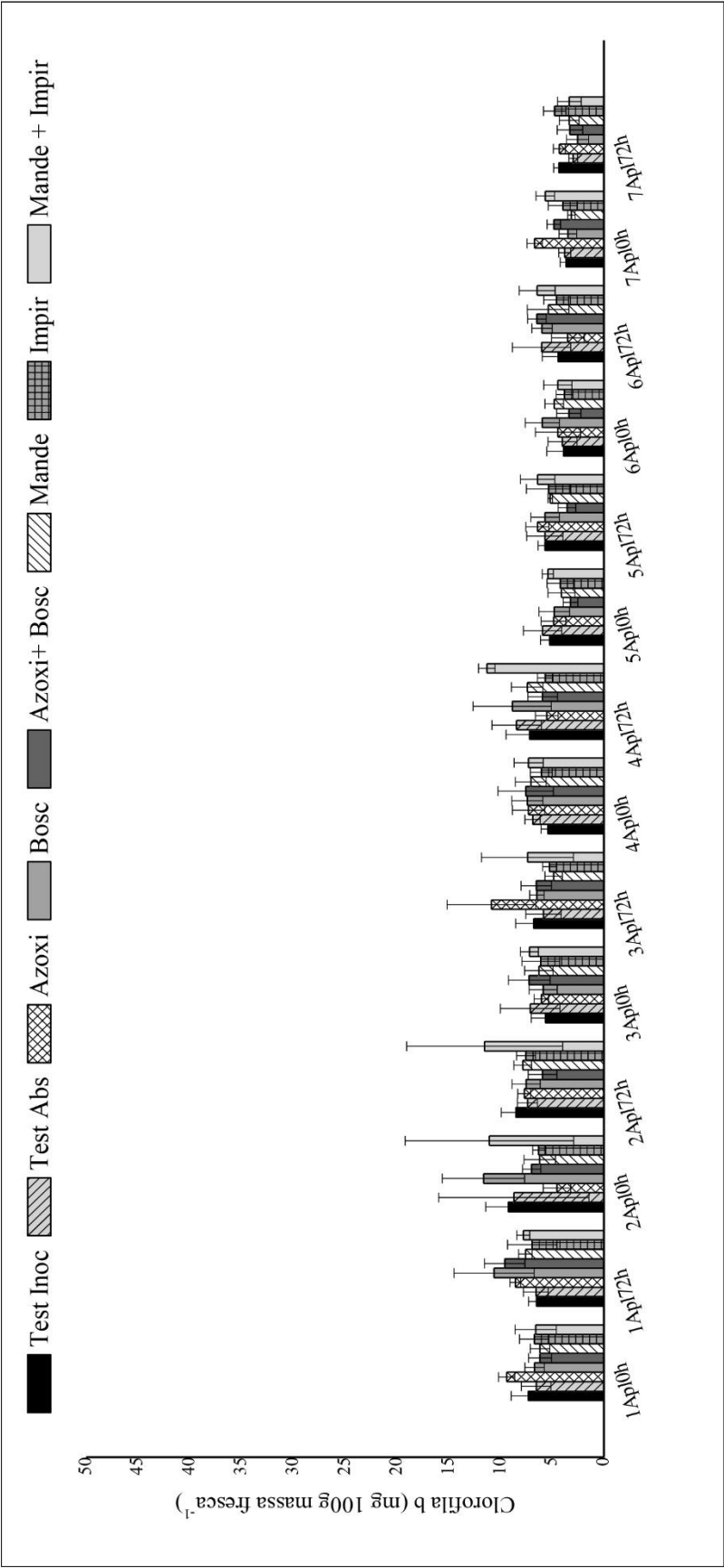
Fonte: WEBER (2019).

Figura 10 - Clorofila a (mg 100 g massa fresca⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



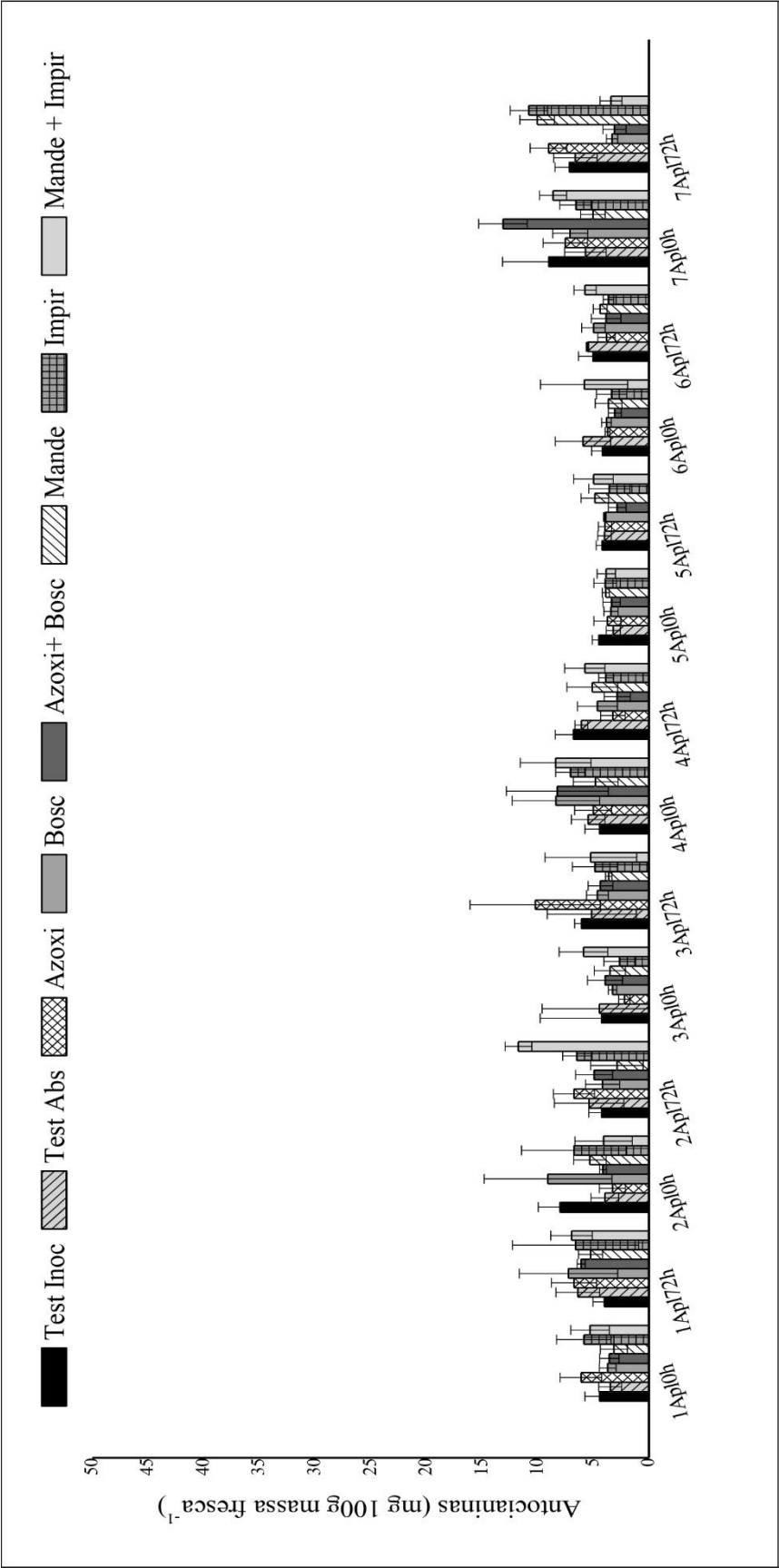
Fonte: WEBER (2019).

Figura 11 - *Clorofila b* (mg 100 g massa fresca⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



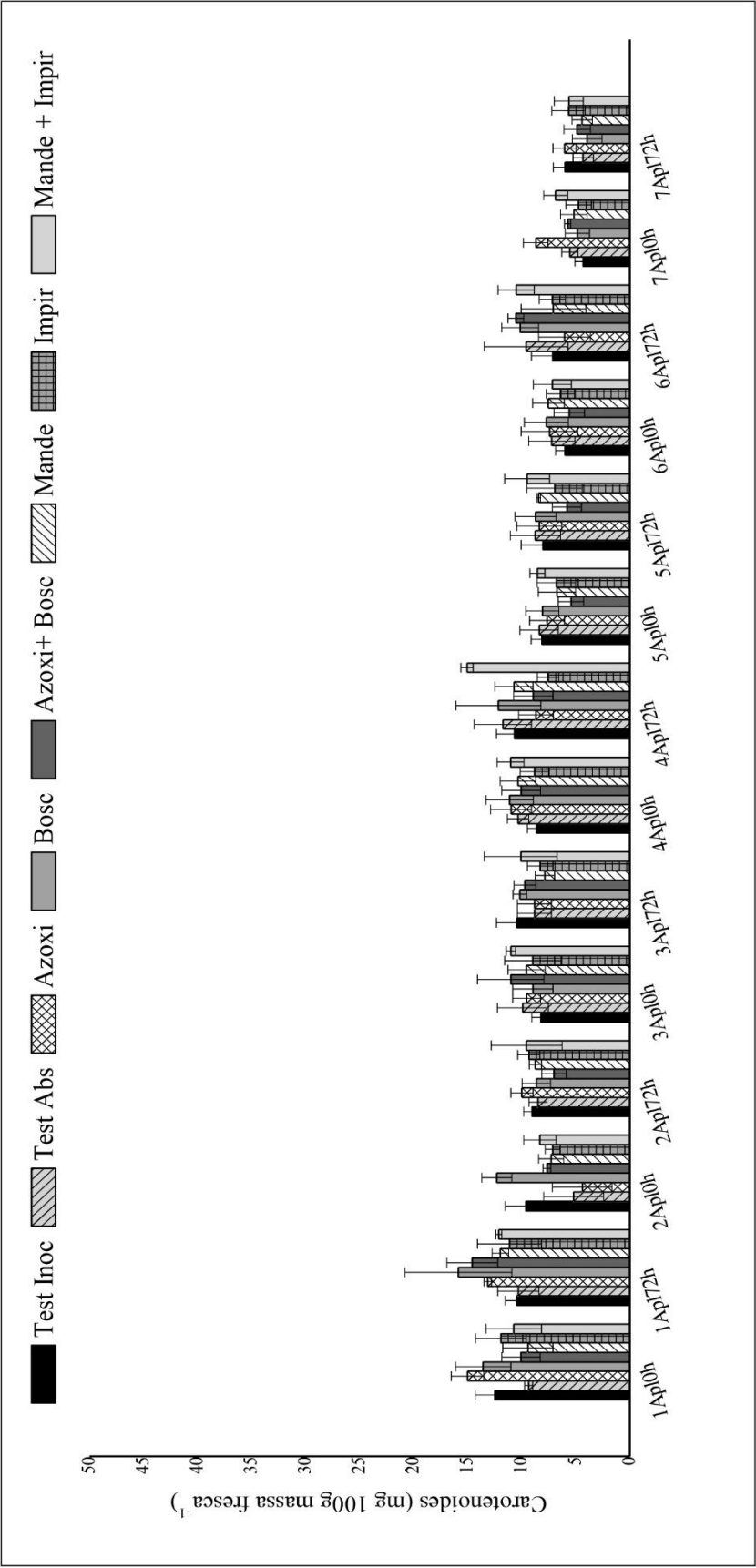
Fonte: WEBER (2019).

Figura 12 - Antocianinas (mg 100 g massa fresca⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).

Figura 13 - Carotenoides (mg 100 g massa fresca⁻¹) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido, tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos e inoculados com *Alternaria sp.*. Barras indicam desvio padrão da média (n = 5). Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).

Tabela 5 - Valores médios de taxa de assimilação de CO₂ (*A*, μmol CO₂ m⁻² s⁻¹), condutância estomática (*gs*, mol m⁻² s⁻¹), concentração interna de CO₂ (*Ci*, μmol CO₂ mol⁻¹ ar), eficiência de carboxilação (*A/Ci*), taxa de transpiração (*E*, mmol vapor d'água m⁻² s⁻¹), eficiência do uso da água (*EUA*, μmol CO₂ (mmol H₂O)⁻¹) e taxa relativa de transferência de elétrons (*ETR*), eficiência máxima do PSII adaptado ao escuro (*F_v/F_m*) coeficiente de extinção fotoquímica (*qP*) e coeficiente de extinção não-fotoquímica (*qNP*) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

Avaliação aos 99 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>A/Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>
TEST INOC	6,41a	0,108a	327,2a	0,021a	2,29a	3,46a	0,98a	0,14a	1,42a	48,5a
TEST ABS	9,47a	0,156a	331,9a	0,028a	2,58a	3,69a	0,98a	0,11a	1,03a	41,7a
AZOXI	10,03a	0,212a	338,7a	0,029a	3,75a	3,01a	0,97a	0,18a	1,39a	62,6a
BOSC	7,88a	0,129a	316,7a	0,024a	2,13a	3,75a	0,98a	0,09a	0,88a	37,2a
AZOXI+BOSC	11,77a	0,234a	342,1a	0,034a	4,22a	3,23a	0,98a	0,15a	1,02a	57,7a
MANDE	10,49a	0,208a	324,8a	0,032a	3,78a	3,25a	0,97a	0,12a	1,05a	43,6a
IMPIR	10,43a	0,159a	300,4a	0,035a	3,04a	3,74a	0,97a	0,15a	1,23a	51,1a
MANDE+IMPIR	9,97a	0,107a	259,8a	0,039a	2,58a	4,26a	0,97a	0,19a	1,42a	68,9a
CV (%)	35,8	51,8	14,7	37,1	51,5	36,5	0,6	43,3	24,9	38,9
Avaliação aos 113 DAT										
TRATAMENTOS	<i>A</i>	<i>gs</i>	<i>Ci</i>	<i>A/Ci</i>	<i>E</i>	<i>EUA</i>	<i>F_v/F_m</i>	<i>qP</i>	<i>qNP</i>	<i>ETR</i>
TEST INOC	3,09a	0,076a	354,1a	0,008a	1,93a	2,59a	0,95a	0,09a	1,07a	33,6a
TEST ABS	5,49a	0,119a	351,9a	0,015a	2,28a	2,30a	0,97a	0,16a	1,27a	48,4a
AZOXI	4,97a	0,085a	332,0a	0,015a	2,05a	2,58a	0,95a	0,15a	1,13a	50,4a
BOSC	4,75a	0,093a	336,5a	0,013a	1,80a	2,61a	0,97a	0,15a	1,31a	48,8a
AZOXI+BOSC	5,52a	0,154a	358,7a	0,015a	3,47a	1,98a	0,90a	0,12a	1,05a	41,5a
MANDE	8,84a	0,202a	340,5a	0,027a	3,86a	2,33a	0,97a	0,24a	1,45a	72,1a
IMPIR	2,50a	0,047a	342,7a	0,008a	1,22a	1,90a	0,96a	0,12a	1,34a	38,5a
MANDE+IMPIR	6,46a	0,129a	318,1a	0,020a	3,09a	2,49a	0,97a	0,20a	1,40a	64,8a
CV (%)	65,3	68,9	9,3	67,8	62,6	50,6	4,41	51,7	25,6	46,7

Fonte: WEBER (2019).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

As plantas tratadas com AZOXI+BOSC (localizado no quadrante I) apresentaram maior atividade da enzima SOD às 168 horas após a segunda aplicação (Figura 6). De acordo com a matriz de correlação de Pearson (Tabela 4) a atividade das enzimas SOD às 168 horas após a segunda aplicação apresentou correlação negativa com os teores de carotenoides após a segunda e quinta aplicação e de clorofila *a* e *b* após a quinta aplicação dos tratamentos. No entanto, houve correlação positiva entre a atividade da enzima SOD às 168 horas e POD às 12 horas após a

segunda aplicação.

O tratamento IMPIR (localizado no quadrante II) não apresentou efeitos relevantes nas variáveis avaliadas, por isso ficou isolados dos demais tratamentos. O tratamento AZOXI (quadrante III) promoveu maior síntese de clorofila *a* e *b* após a quinta aplicação e de carotenoides após a segunda aplicação. Também promoveu maior atividade das enzimas SOD às 12 horas após a segunda aplicação dos tratamentos e da enzima CAT às 12 horas após a sétima aplicação dos tratamentos.

Os tratamentos BOSC, MANDE, MANDE+IMPIR e as duas testemunhas (TEST INOC e TEST ABS) se diferenciaram por promoverem maior concentração de carotenoides após a quarta e quinta aplicação, de clorofila *a* e *b* após a quarta aplicação e de antocianinas após a sexta aplicação dos tratamentos (Figuras 5A e 5B).

De maneira geral houve diferentes efeitos dos tratamentos na concentração de pigmentos fotossintéticos proporcionados ao longo das aplicações. Para a concentração de clorofila *a*, clorofila *b* e carotenoides houve efeito semelhante, com pouca oscilação até a 4ª aplicação e depois apresentando queda até a última aplicação dos tratamentos (Figuras 10, 11 e 13). Já a concentração de antocianinas apresentou menores valores entre a 5ª e 6ª aplicação (Figura 12).

Em termos de eficiência fotossintética observou-se que houve queda dos parâmetros *A*, *A/Ci* e *EUA* da avaliação aos 99 DAT para a avaliação aos 113 DAT para todos os tratamentos avaliados (Tabela 5). No entanto, para *Ci* ocorreu queda apenas nas plantas tratadas com AZOXI, para os demais houve aumento, sendo o maior incremento observado no tratamento MANDE+IMPIR, que apresentou aumento de 259,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$ para 318,1 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$. Aos 113 dias após o transplante (DAT) o tratamento AZOXI+BOSC promoveu a maior concentração interna de CO_2 na folha (*Ci*, $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1} \text{ ar}$), porém não diferiu significativamente ($p < 0,05$) dos demais tratamentos (Tabela 5).

O tratamento MANDE+IMPIR também promoveu incremento em *gs* (de 0,107 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para 0,129 $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e em *E* (de 2,58 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para 3,09 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já o tratamento contendo apenas o fungicida MANDE promoveu incremento em *E*, de 3,78 $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para 3,86 $\text{mmol vapor d'água m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A *ETR* também foi influenciada pelos tratamentos, a aplicação de BOSC e MANDE promoveu aumento na taxa de transporte de elétrons de 37,2 para 48,8 e de 43,6 para 72,1 entre as avaliações aos 99 e 113 DAT (Tabela 5).

De modo geral, os tratamentos promoveram diferentes efeitos na atividade das enzimas SOD, POD e CAT e para a peroxidação lipídica. Observou-se que a enzima SOD não apresentou alteração na atividade enzimática após a 1^a, 2^a e 3^a aplicação, já após a 4^a e 5^a aplicação houve pequenas oscilações na expressão dessa enzima, porém com atividade pouco significativa. No entanto, após a 6^a e 7^a aplicação houve picos de atividade (Figura 6). A atividade da enzima POD não foi influenciada até a 5^a aplicação dos tratamentos, na qual houve uma pequena oscilação. Assim como observado para a enzima SOD, também houve maior atividade da enzima POD após a 6^a e 7^a aplicação (Figura 7).

Comportamento diferente foi observado para a enzima CAT, na qual houve maior expressão enzimática após a 1^a aplicação, sem efeito após a 2^a e 3^a aplicações, voltando a ter pequenas oscilações após a 4^a, 5^a e 6^a, mas com picos expressivos somente após a 7^a aplicação (Figura 8). A lipoperoxidação teve pequeno decréscimo da 1^a para a 2^a aplicação, mas voltou a aumentar gradativamente da 3^a até a última aplicação (Figura 9).

4.2 Efeitos na produtividade e qualidade pós-colheita

A análise de componentes principais (ACP 2) relacionada aos efeitos na produtividade e qualidade de frutos de tomate cultivar COLT tratadas com diferentes fungicidas no experimento de 2018 determinou 90% da variância dos dados (Figuras 14A e 14B), com apenas duas componentes principais, revelando que o modelo proposto também foi eficiente para detectar diferenças significativas entre os tratamentos.

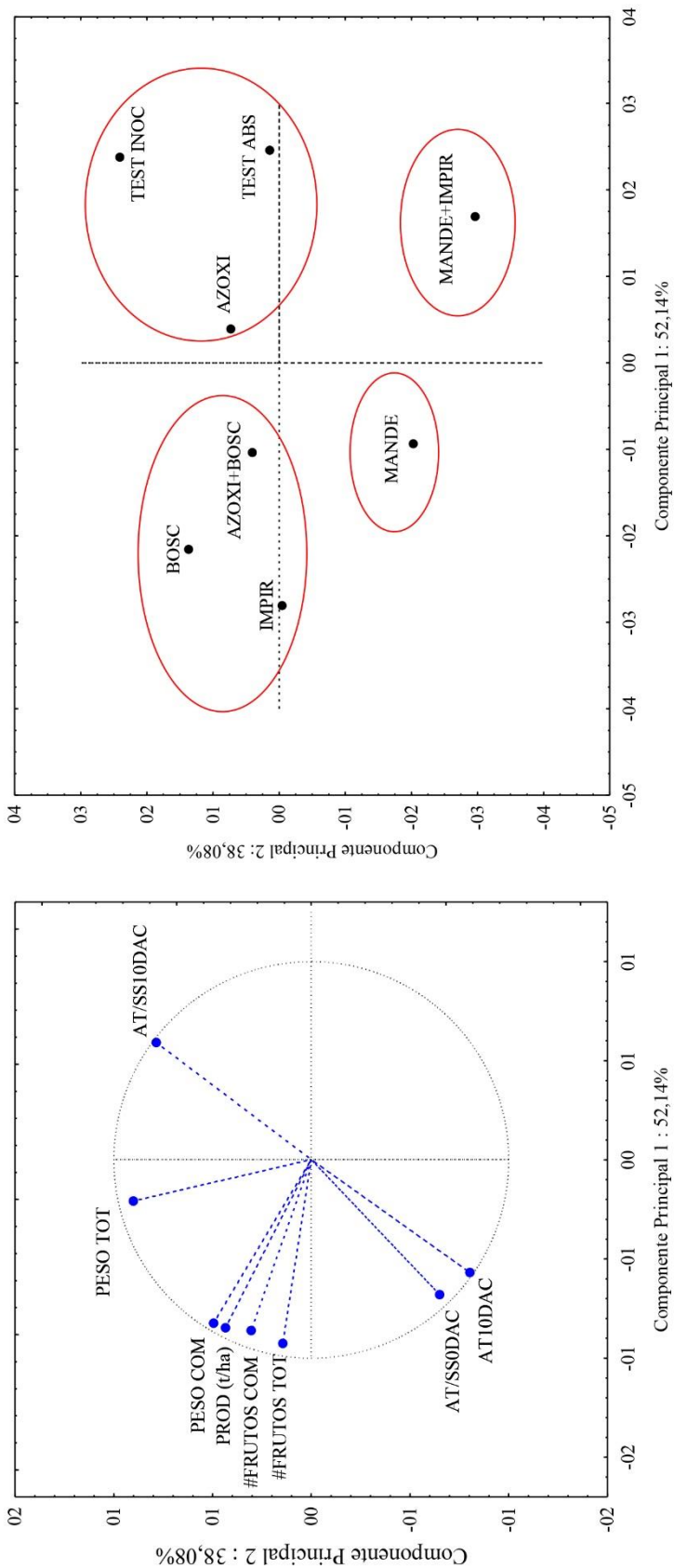
Os tratamentos IMPIR, BOSC e AZOXI+BOSC se destacam por apresentarem efeitos positivos no peso comercial e total de frutos (PESO COM e PESO TOT), número de frutos comerciais e totais (#FRUTOS COM e #FRUTOS TOT) e produção total de (PROD, t/ha) (Figura 14A e 14B).

Houve correlação positiva entre a produção total (t/ha) e o número de frutos totais (0,926) e o peso comercial (0,844). Também houve correlação positiva entre o peso comercial e o número de frutos comerciais (0,958). De fato, o tratamento BOSC promoveu a maior produção total (de 67,3 t/ha) e maior concentração de sólidos solúveis totais (2359,2 kg/ha), seguidos de AZOXI e AZOXI+BOSC (Tabela 8).

O tratamento MANDE promoveu maiores valores de acidez titulável e de *ratio*

no momento da colheita (AT0DAC e AT/SS0DAC), estas duas variáveis apresentaram correlação positiva (Tabela 6).

Figura 14 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Ratio aos 0 e 10 DAC (AT/SS0DAC e AT/SS10DAC), peso total (PESO TOT), acidez titulável aos 10 DAC (AT10DAC), produção total (PROD(t/ha)), peso comercial (PESO COM), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM) e número de frutos totais (#FRUTOS TOT).

Tabela 6 - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

	#FRUTOS TOT	PESO TOT	#FRUTOS COM	PESO COM	PROD (t/ha)	AT/SS0DAC	AT10DAC	AT/SS10DAC
#FRUTOS TOT	1,00000	-	-	-	-	-	-	-
PESO TOT	0,29932	1,00000	-	-	-	-	-	-
#FRUTOS COM	0,75969	0,37369	1,00000	-	-	-	-	-
PESO COM	0,75515	0,57429	0,95790*	1,00000	-	-	-	-
PROD (t/ha)	0,92612*	0,59143	0,74785	0,84443*	1,00000	-	-	-
AT/SS0DAC	0,47833	-0,36126	0,36683	0,23885	0,27556	1,00000	-	-
AT10DAC	0,41301	-0,60140	0,23066	0,06897	0,14341	0,88297*	1,00000	-
AT/SS10DAC	-0,43448	0,54617	-0,25041	-0,08330	-0,16108	-0,91070*	-0,96111*	1,00000

Fonte: WEBER (2018).

(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

Relação aos 0 e 10 DAC (AT/SS0DAC e AT/SS10DAC), peso total (PESO TOT), acidez titulável aos 10 DAC (AT10DAC), produção total (PROD(t/ha)), peso comercial (PESO COM), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM) e número de frutos totais (#FRUTOS TOT).

Tabela 7 - Valores médios de número de frutos total (#FRUTOS TOT), peso total (PESO TOT), peso médio de fruto dos frutos totais (PESO TOT MÉDIO), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso dos frutos comerciais (PESO COM), peso médio de fruto dos frutos comerciais (PESO COM MÉDIO), porcentagem de frutos comerciais / frutos totais (PORC FRUT COM) e porcentagem do peso de frutos comerciais / peso dos frutos totais (PORC PESO COM), °Brix, pH, acidez titulável e *Ratão* dos frutos totais (SS/AT MÉDIO), produção total (PROD t/ha) e sólidos solúveis totais (SS kg/ha) em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

Variáveis	TEST INOC	TEST ABS	AZOXI	BOSC	AZOXI+BOSC	MANDE	IMPIR	MANDE+IMPIR	CV (%)
#FRUTOS TOT	52,10a	50,80a	55,50a	57,10a	54,20a	54,80a	59,30a	51,80a	10,8
PESO TOT	5288,70a	4956,00a	5651,30a	5827,30a	5508,70a	5242,40a	5846,10a	5852,70a	12,5
PESO TOT MÉDIO	101,80a	97,30a	101,90a	102,10a	101,90a	95,50a	98,50a	94,10a	6,9
#FRUTOS COM	32,70a	32,90a	32,60a	37,80a	35,50a	35,80a	36,80a	29,90a	13,2
PESO COM	3863,70ab	3719,60ab	3765,60ab	4438,40a	4226,50ab	3948,30ab	4321,20ab	3348,40b	14,7
PESO COM MÉDIO	117,90a	112,80a	115,70a	118,10a	118,90a	110,40a	117,00a	112,30a	5,5
PORC FRUT COM	63,20a	64,80a	58,70a	66,10a	66,20a	65,20a	62,10a	58,10a	10,5
PORC PESO COM	73,10a	73,40a	66,70a	76,30a	77,10a	75,20a	73,90a	8,90a	9,1
BRIX MÉDIO	3,64a	3,75a	3,85a	4,07a	3,57a	3,77a	3,55a	3,64a	8,3
pH MÉDIO	4,49a	4,48a	4,47a	4,47a	4,47a	4,52a	4,52a	4,49	1,2
AT MÉDIO	0,12a	0,13a	0,13a	0,12a	0,13a	0,11a	0,11a	0,12aa	13,8
SS/AT MÉDIO	30,30a	28,40a	29,50a	33,90a	28,30a	36,10a	32,30a	32,20a	14,9
PROD (t/ha)	61,50a	57,30a	64,30a	67,30a	64,60a	60,50a	69,40a	57,90a	12,8
SS (kg/ha)	1919,30ab	1849,20a	2177,80ab	2359,20a	1963,40ab	1976,00ab	2078,30ab	1756,90b	14,3

Fonte: WEBER (2018).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Já o tratamento MANDE+IMPIR apresentou os menores valores para as variáveis peso comercial e total de frutos, número de frutos comerciais e totais, produção total (t/ha) e sólidos solúveis totais (kg/ha), por isso ficou isolado dos demais tratamentos (Figura 14A e 14B).

No entanto, os fungicidas MANDE e IMPIR, isoladamente, promoveram efeitos positivos na qualidade pós-colheita dos frutos, por aumentarem os teores de acidez titulável aos 10 dias após a colheita (DAC), além de apresentarem o melhor *ratio* no momento da colheita (0 DAC) (Tabela 8). A acidez titulável aos 10 DAC teve correlação positiva com o *ratio* aos 0 DAC (0,883), mas negativa com a acidez total (AT TOT) (-0,764) (Tabela 6).

O tratamento AZOXI e as testemunhas TEST INOC e TEST ABS apresentaram as melhores médias de *ratio* aos 10 DAC (AT/SS10DAC). Houve correlação negativa entre o AT/SS10DAC e AT/SS0DAC (-0,910) e acidez titulável aos 10 DAC (-0,961) (Tabela 6).

Tabela 8 - Valores médios de pH, açúcares totais (AT), sólidos solúveis (SS) e *ratio* (SS/AT) aos 0, 5, 10 e 15 dias após a colheita (DAC) plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

Avaliação aos 0 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,36c	0,437a	4,65a	10,78b
TEST ABS	4,37c	0,315b	3,78c	12,69b
AZOXI	4,45b	0,271bc	3,98bc	14,89ab
BOSC	4,48ab	0,231bc	4,23ab	18,27a
AZOXI+BOSC	4,45b	0,238bc	4,20b	17,61a
MANDE	4,49ab	0,211c	4,00b	18,93a
IMPIR	4,50a	0,244bc	4,23ab	17,37a
MANDE+IMPIR	4,47ab	0,239bc	4,48ab	18,72a
CV (%)	1,16	28,75	7,45	20,32
Avaliação aos 5 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,48b	0,240b	4,53b	18,85bc
TEST ABS	4,43c	0,264a	5,25a	19,98b
AZOXI	4,45c	0,216c	4,53b	20,94a
BOSC	4,54a	0,228bc	4,58b	20,06ab
AZOXI+BOSC	4,45c	0,244b	4,60b	18,86bc
MANDE	4,45c	0,213c	4,10c	19,26b
IMPIR	4,45c	0,247ab	4,58b	18,51bc
MANDE+IMPIR	4,45c	0,259ab	4,63b	17,85c

CV (%)	0,77	8,14	6,82	6,44
Avaliação aos 10 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,33b	0,156a	4,51b	33,23a
TEST ABS	4,25b	0,172a	4,54a	27,06a
AZOXI	4,33b	0,183a	4,47c	24,92a
BOSC	4,93ab	0,186a	4,51b	24,73a
AZOXI+BOSC	5,70a	0,201a	4,47c	23,06a
MANDE	3,85b	0,226a	4,40d	19,54a
IMPIR	4,15b	0,217a	4,53ab	20,94a
MANDE+IMPIR	4,85ab	0,215a	4,52ab	21,02a
CV (%)	16,02	19,51	0,98	28,47
Avaliação aos 15 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,56a	0,237b	5,00ab	21,18ab
TEST ABS	4,55a	0,226b	4,60b	20,40bc
AZOXI	4,52ab	0,201bc	5,08ab	25,54a
BOSC	4,57a	0,216b	5,28a	24,46ab
AZOXI+BOSC	4,47b	0,262a	5,03ab	19,35c
MANDE	4,48b	0,189c	3,88c	20,49b
IMPIR	4,46b	0,225b	4,10bc	18,22c
MANDE+IMPIR	4,49b	0,222b	4,78b	21,74ab
CV (%)	0,98	12,41	10,51	14,04

Fonte: WEBER (2018).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey.

No experimento de 2019 os efeitos dos fungicidas avaliados foram diferentes dos relatos para o experimento de 2108, como pode ser observado a partir da segunda análise de componentes principais (ACP 2) que determinou 92,6% da variância dos dados (Figuras 15A e 15B) e agrupou os oito tratamentos testados em quatro grupos distintos, verificando-se diferenças significativas entre os tratamentos.

De acordo com a ACP 2, o tratamento IMPIR se destacou por apresentar efeitos positivos no peso comercial de frutos (PESO COM), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM) e porcentagens de fruto comerciais (PORC FRUT COM). O tratamento IMPIR teve a melhor porcentagem de frutos comerciais, sendo de 69,2% dos frutos, seguido do tratamento AZOXI (64,7%). A melhor média de peso comercial foi observado no tratamento MANDE+IMPIR (0,137). O tratamento MANDE promoveu a melhor porcentagem de peso comercial (82,4), seguido do tratamento AZOXI (78,2) (Figura 15A e 15B, Tabela 10).

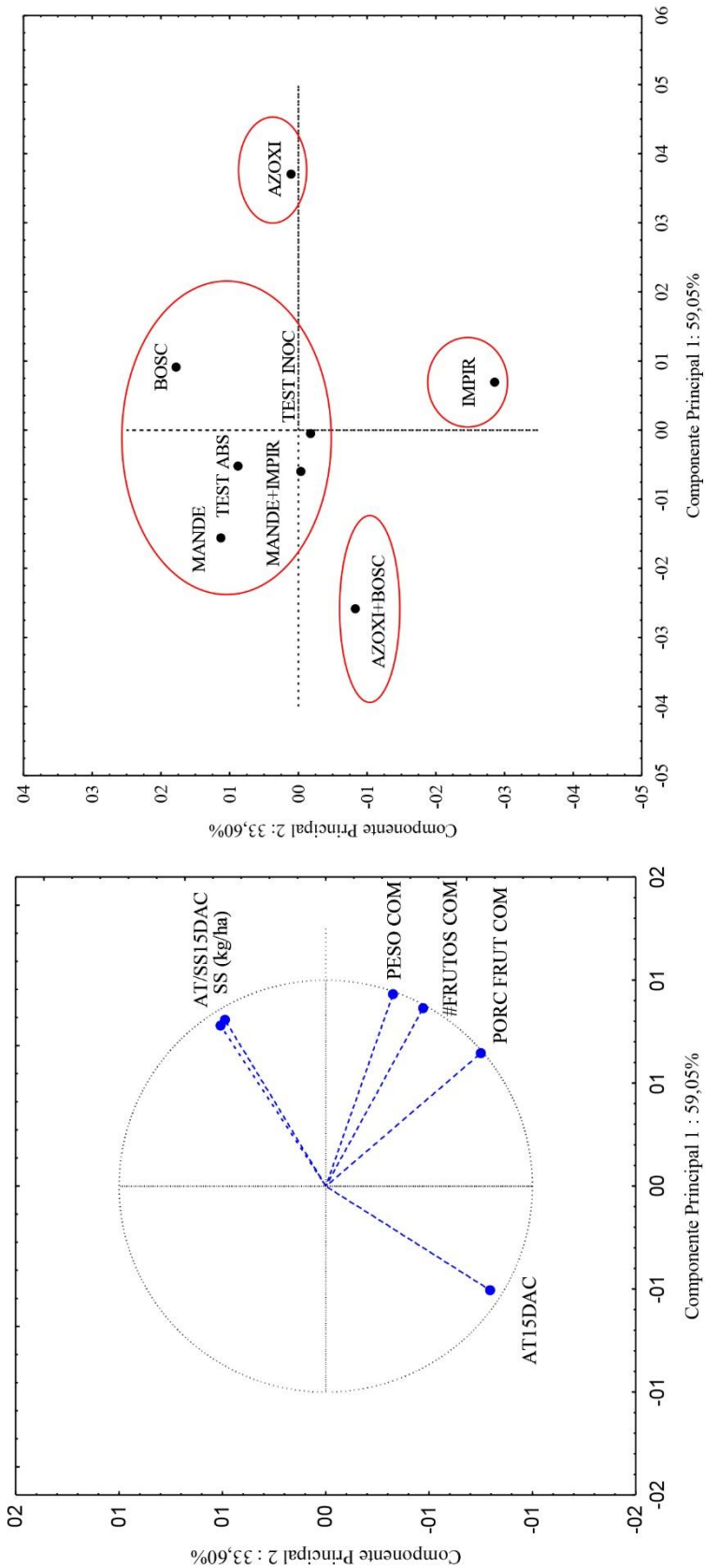
O maior grupo foi formado pelos tratamentos MANDE+IMPIR, MANDE, BOSC, TEST ABS e TEST INOC, os quais apresentaram os menores efeitos para as variáveis peso comercial de frutos, número de frutos comerciais e porcentagem de frutos comerciais. Estas três variáveis foram positivamente correlacionadas entre si (Tabela 9). De fato, as plantas tratadas com estes tratamentos apresentaram as menores produtividades de frutos comerciais. Já o maior número de frutos totais foi promovido pela aplicação de AZOXI (61,6) e, conseqüentemente, apresentou o maior número de frutos (39,8), peso total (6,66) e de peso comercial (5,20) de frutos (Tabela 10).

O tratamento AZOXI+BOSC apresentou o menor valor de pH (4,57), porém não diferiu da TEST ABS, BOSC, MANDE e IMPIR (Tabela 11). No momento da colheita (0DAC) houve diferença nos valores de pH entre os diferentes tratamentos, variando de 4,57 a 4,90. Porém, após 15 dias de armazenamento (15DAC), ocorreu redução da variação do pH (4,64 a 4,77), não apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos neste período de avaliação.

Aos 0 DAC o maior (0,252) e o menor (0,174) valor de acidez titulável foram observados nos tratamentos TEST ABS e AZOXI, respectivamente. Já aos 15DAC os tratamentos AZOXI e BOSC, apresentaram os menores valores de acidez titulável (0,189 para ambos) enquanto que a mistura destes dois ingredientes ativos promoveram aumento da acidez titulável (0,237), sendo inferior apenas ao observado para o tratamento IMPIR (0,230) (Tabela 11).

O tratamento AZOXI+BOSC (quadrante II) promoveu o aumento da acidez titulável de frutos armazenados por período de 15 dias. Enquanto que o tratamento somente com AZOXI (quadrante IV) aumentou o teor de sólidos solúveis totais, que refletiu no melhor *ratio* dos frutos armazenados durante 15 dias. Importante destacar que estes efeitos não foram observados no momento da colheita, no qual o tratamento AZOXI teve o menor *ratio*. Isto indica que possivelmente que a aplicação de produtos à base de AZOXI melhoram a qualidade pós-colheita de frutos de tomate em períodos mais longos de armazenamento.

Figura 15 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).
Ratão aos 15DAC (AT/SS15DAC), sólidos solúveis totais (SS(kg/ha)), peso comercial (PESO COM), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), porcentagem de frutos comerciais (PORC FRUT COM) e acidez titulável aos 15 DAC (AT15DAC).

Tabela 9 - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 2 (ACP 2) para os efeitos na produção e pós-colheita após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOSC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

	SS (kg/ha)	#FRUTOS COM	PESO COM	PORC FRUT COM	AT15DAC	AT/SS15DAC
SS (kg/ha)	1,00000	-	-	-	-	-
#FRUTOS COM	0,42053	1,00000	-	-	-	-
PESO COM	0,55408	0,96296*	1,00000	-	-	-
PORC FRUT COM	0,10549	0,89151*	0,82720*	1,00000	-	-
AT15DAC	-0,70548	-0,10333	-0,23668	0,27973	1,00000	-
AT/SS15DAC	0,84412*	0,42651	0,55977	0,19541	-0,74914	1,00000

Fonte: WEBER (2019).

(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

Ratio aos 15DAC (AT/SS15DAC), sólidos solúveis totais (SS(kg/ha)), peso comercial (PESO COM), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), porcentagem de frutos comerciais (PORC FRUT COM) e acidez titulável aos 15 DAC (AT15DAC).

Houve correlação positiva entre *ratio* aos 15 DAC e sólidos solúveis totais (0,844) (Tabela 9), o que de fato observou-se para alguns tratamentos, como foi o caso da aplicação de AZOXI e BOSC, tanto isolados quanto combinados.

O tratamento AZOXI+BOSC apresentou maiores teores de acidez titulável, enquanto que o tratamento somente com AZOXI apresentou os melhores valores de sólidos solúveis (4,83), que também refletiu no melhor *ratio* (24,30) (Tabela 11), aos 15 dias após a colheita (15DAC). Tal efeito não foi observado no momento da colheita (0DAC), no qual o tratamento AZOXI apresentou o menor *ratio* (18,9).

Porém, a aplicação de AZOXI+BOSC acarretou no menor valor de sólidos solúveis (3,97) que culminou em um *ratio* baixo (16,9). No entanto, a aplicação de AZOXI e BOSC isoladamente promoveram os melhores resultados de *ratio* aos 15 DAC, 24,3 e 23,3, respectivamente.

O tratamento MANDE+IMPIR promoveu o melhor *ratio* (24,05) aos 0 DAC, momento da colheita. Porém, após 15 dias de armazenamento, apresentou *ratio* de 19,84. O mesmo ocorreu para os frutos tratados com estes princípios ativos isoladamente, nos quais os valores de *ratio* foram de 23,2 e 22,4 aos 0 DAC e de 19,8 e 19,6 aos 15DAC, para MANDE e IMPIR, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 10 - Valores médios de número de frutos total (#FRUTOS TOT), peso total (PESO TOT), peso médio de fruto dos frutos totais (AVG PESO TOT), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso dos frutos comerciais (PESO COM), peso médio de fruto dos frutos comerciais (AVG PESO COM), porcentagem de frutos comerciais / frutos totais (PORC FRUT COM) e porcentagem do peso de frutos comerciais / peso dos frutos totais (PORC PESO COM), produção total (t/ha) e sólidos solúveis totais (kg/ha) de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

TRATAMENTOS	TEST INOC	TEST ABS	AZOXI	BOSC	AZOXI+BOSC	MANDE	IMPIR	MANDE+IMPIR	CV (%)
#FRUTOS TOT	58,6ab	54,1b	61,6a	57,4ab	53,6b	58,5ab	53,7b	54,2b	6,3
PESO TOT	6004,6a	5782,2a	6608,2a	6074,9a	5603,0a	5781,6a	5844,1a	6420,2a	11,9
PESO TOT MÉDIO	104,4a	104,1a	110,1a	108,3a	106,0a	104,2a	105,7a	112,6 ^a	10,8
#FRUTOS COM	33,4ab	29,6b	39,8a	31,4ab	29,5b	28,7b	37,1ab	30,4ab	16,5
PESO COM	4264,7a	4000,9a	5,041,1a	4483,6a	3862,8a	4107,6a	4529,7	4503,7a	18
PESO COM MÉDIO	133,2a	134,7a	132,7a	135,3a	124,8a	134,8a	129,2a	137,5a	8,8
PORC FRUT COM	57,0ab	55,0ab	64,7ab	54,6ab	55,0ab	149,3b	69,2a	56,0ab	16,3
PORC PESO COM	71,2a	70,6a	78,2a	70,7a	67,4a	82,4a	66,6a	68,3a	11,8
PROD (t/ha)	76,8a	75,0a	79,7a	76,0a	66,1a	75,4a	71,7a	78,5a	11,3
SS (kg/ha)	2180,1ab	2145,3ab	2548,2a	2465,1ab	1994,5b	2180,4ab	2075,7ab	2322,0ab	13,4

Fonte: WEBER (2019).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 11 - Valores médios de pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e *ratio* (SS/AT) aos 0 e 15 dias após a colheita (DAC) plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

0 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,90a	0,201ab	4,60a	22,11a
TEST ABS	4,69bc	0,252a	4,50a	20,25a
AZOXI	4,77b	0,174b	4,40a	25,32a
BOSC	4,68bc	0,204ab	4,20a	22,9a
AZOXI+BOSC	4,57c	0,240ab	4,53a	18,9a
MANDE	4,68bc	0,220ab	4,43a	23,22a
IMPIR	4,68bc	0,237ab	4,40a	22,38a
MANDE+IMPIR	4,81ab	0,194ab	4,20a	24,05a
CV (%)	2,34	14,9	4,8	12,7
15 DAC				
TRATAMENTOS	pH	AT	SS	SS/AT
TEST INOC	4,73a	0,202ab	4,13ab	18,91ab
TEST ABS	4,66a	0,202ab	4,70b	22,08ab
AZOXI	4,73a	0,189b	4,83a	24,30a
BOSC	4,67a	0,189b	4,53ab	23,31a
AZOXI+BOSC	4,67a	0,237a	3,97b	16,99b
MANDE	4,77a	0,208ab	4,13ab	19,84ab
IMPIR	4,64a	0,246a	4,47ab	19,63ab
MANDE+IMPIR	4,75a	0,230ab	4,27ab	19,84ab
CV (%)	1,4	11,6	8,2	13,9

Fonte: WEBER (2019).

Médias (n = 5) seguidas de letras diferentes na coluna diferem significativamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Outro efeito significativo foi observado para o tratamento MANDE+IMPIR, que aos 0 DAC apresentou um dos melhores *ratio*, mas aos 15 DAC o *ratio* havia reduzido. O mesmo ocorreu para os frutos tratados com estes princípios ativos isoladamente.

De maneira geral, quando compara o desempenho de cada fungicida entre os dois locais avaliados, observou-se que o número de frutos totais foi maior no experimento de 2019 para os tratamentos AZOXI, BOSC, MANDE e MANDE+ IMPIR. Já o tratamento AZOXI+BOSC foi maior no experimento de 2018. O número de frutos comerciais foi maior no experimento de 2019 para os tratamentos AZOXI, IMPIR e MANDE + IMPIR. Já os tratamentos BOSC, AZOXI+BOSC e MANDE tiveram melhor desempenho no experimento de 2018. Quanto a porcentagem de frutos comerciais os tratamentos AZOXI e IMPIR apresentaram melhores resultados para o experimento

de 2019, enquanto que os demais fungicidas se destacam no experimento de 2018. A porcentagem de peso comercial também apresentou melhores resultados no experimento de 2018 para os tratamentos BOSC, AZOXI+BOSC, IMPIR e MANDE+IMPIR.

Os maiores pesos totais e comerciais médios para todos os tratamentos foram observados no experimento de 2019. O tratamento IMPIR apresentou maior peso total no experimento de 2018, enquanto que os demais apresentaram maiores pesos no experimento de 2019. Para a variável peso comercial o tratamento AZOXI+BOSC promoveu o melhor peso no experimento de 2018, os outros tratamentos testados foram melhores no experimento de 2019. Tanto a produção total ($t\cdot ha^{-1}$) quanto a concentração de sólidos solúveis totais ($kg\cdot ha^{-1}$) apresentaram maiores valores no experimento de 2019 para todos os tratamentos.

A produtividade e a qualidade dos frutos de tomate foram influenciadas positivamente pela aplicação dos fungicidas de efeitos fisiológicos, no entanto, em intensidades diferentes e com diferenças nos dois anos de estudo. Os tratamentos MANDE+IMPIR, MANDE e BOSC não apresentaram efeitos positivo para o número de frutos, massa e porcentagem de frutos comerciais, sendo semelhantes aos resultados observado para TEST ABS e TEST INOC. Tal fato indica que a aplicação de MANDE+IMPIR, MANDE e BOSC não interferiu positivamente na produtividade de frutos de tomate comerciais, cultivar COLT no experimento de 2019.

No entanto, o tratamento IMPIR, seguido de AZOXI proporcionou a melhor porcentagem de frutos comerciais. O tratamento MANDE, seguido do tratamento AZOXI, apresentam os melhores percentuais de peso comercial. A aplicação de AZOXI promoveu o maior número de frutos totais, peso total e peso comercial. Isto evidencia que os fungicidas MANDE+IMPIR e AZOXI+BOC não foram tão eficientes quanto a aplicação das mesmas moléculas de forma isolada.

Já no experimento de 2018 os tratamentos BOSC, AZOXI e AZOXI+BOSC promoveram os melhores parâmetros de produtividade quanto ao peso comercial e total de frutos, número de frutos comerciais e totais, produção total (t/ha) e sólidos solúveis totais (kg/ha). Enquanto que o tratamento MANDE+IMPIR apresentou os menores valores para estas variáveis. Diferentemente do observado no experimento de 2019, no qual apenas o tratamento AZOXI+BOSC promoveu efeitos significativos na produtividade.

4.3 Efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento

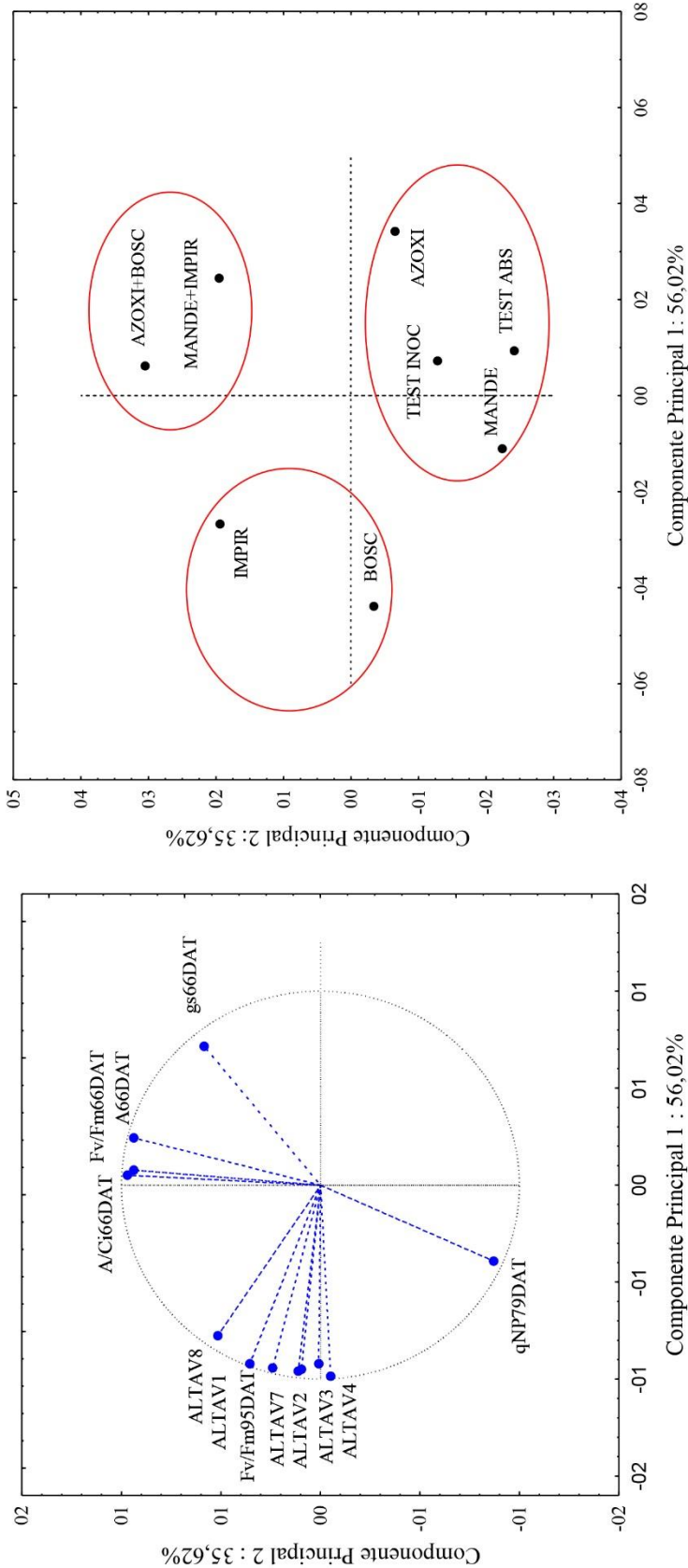
A análise de componentes principais (ACP 3) para o experimento de 2018 relacionada aos efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento de plantas de tomate tratadas com diferentes fungicidas, determinou 91,6% da variância dos dados (Figuras 16A e 16B), com apenas duas componentes principais, revelando que o modelo proposto também foi eficiente para detectar diferenças significativas entre os tratamentos, formando três grupos.

Os tratamentos BOSC e IMPIR promoveram as maiores alturas de plantas na 1^a, 2^a, 3^a, 4^a, 7^a e 8^a avaliações (Figura 17A), além de melhor relação F_v/F_m aos 95 DAT. A eficiência máxima do PSII aos 95 DAT apresentou correlação positiva com todas as avaliações de altura de plantas. Já as alturas de plantas apresentaram correlações positivas entre si em todas as avaliações (Tabela 12).

Os tratamentos AZOXI+BOSC e MANDE+IMPIR apresentaram os melhores valores eficiência de carboxilação (A/C_i), taxa de assimilação de CO_2 (A), condutância estomática (g_s), eficiência máxima do PSII (F_v/F_m) aos 66 DAT, com correlação positiva entre estas variáveis.

Os tratamentos AZOXI, MANDE e as duas testemunhas (TEST INOC e TEST ABS) apresentaram efeitos negativos na eficiência fotoquímica das plantas quando estas estavam iniciando a fase reprodutiva, pois apresentaram o maior q_{NP} aos 79 DAT, o qual teve correlação negativa com F_v/F_m (-0,936), com A (-0,847), com A/C_i (-0,818) e g_s (-0,708) aos 66 DAT (Tabela 12).

Figura 16 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Altura de plantas na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 7ª e 8ª avaliações (ALTAV1, ALTAV2, ALTAV3, ALTAV4, ALTAV7 e ALTAV8), taxa de assimilação de CO₂ aos 66 DAT (A66DAT), eficiência de carboxilação aos 66 DAT (A/Ci66DAT), condutância estomática aos 66 DAT (gs66DAT), eficiência máxima do PSII aos 66 e 95 DAT (Fv/Fm66DAT e Fv/Fm95DAT) e coeficiente de extinção não-fototquímica aos 79 DAT (qNP79DAT).

Tabela 12 - Matriz de correlação das variáveis significativas na análise de componentes principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.

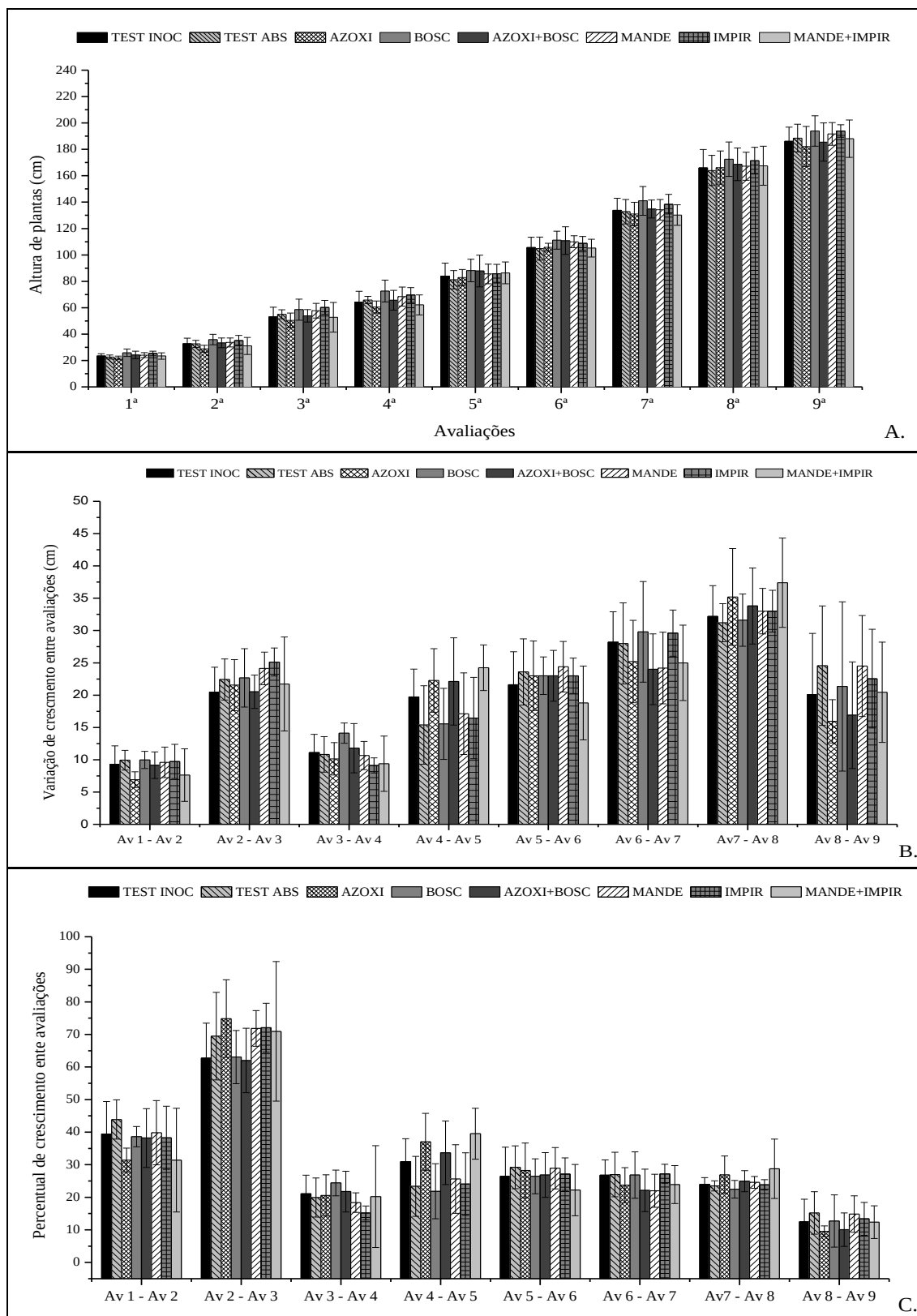
	A66DAT	gs66DAT	A/Ci66DAT	Fv/Fm66DAT	qNP79DAT	Fv/Fm95DAT	ALTAV1	ALTAV2	ALTAV3	ALTAV4	ALTAV7	ALTAV8
A66DAT	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
gs66DAT	0,76095	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A/Ci66DAT	0,97372*	0,60785	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fv/Fm66DAT	0,82412*	0,55754	0,84781*	1,00000	-	-	-	-	-	-	-	-
qNP79DAT	-0,84767*	-0,70881	-0,81833*	-0,93622*	1,00000	-	-	-	-	-	-	-
Fv/Fm95DAT	-0,00877	-0,48004	0,17454	0,13661	0,18783	1,00000	-	-	-	-	-	-
ALTAV1	0,10508	-0,42067	0,28166	0,26158	0,06528	0,97406*	1,00000	-	-	-	-	-
ALTAV2	-0,15941	-0,55745	0,00859	0,06718	0,28262	0,93117*	0,91758*	1,00000	-	-	-	-
ALTAV3	-0,13970	-0,58741	0,00943	-0,12330	0,42306	0,84004*	0,84198*	0,90208*	1,00000	-	-	-
ALTAV4	-0,28706	-0,72999	-0,10054	-0,10656	0,42847	0,90061*	0,88655*	0,95575*	0,92821*	1,00000	-	-
ALTAV7	-0,16957	-0,69810	0,04455	0,07346	0,22185	0,92223*	0,90018*	0,89988*	0,81750*	0,92833*	1,00000	-
ALTAV8	0,29911	-0,32461	0,48307	0,37443	-0,13581	0,86048*	0,90660*	0,68759	0,66088	0,70800	0,82631*	1,00000

Fonte: WEBER (2018).

(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

Altura de plantas na 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, 7ª e 8ª avaliações (ALTAV1, ALTAV2, ALTAV3, ALTAV4, ALTAV7 e ALTAV8), taxa de assimilação de CO₂ aos 66 DAT (A66DAT), eficiência de carboxilação aos 66 DAT (A/Ci66DAT), condutância estomática aos 66 DAT (gs66DAT), eficiência máxima do PSII aos 66 e 95 DAT (Fv/Fm66DAT e Fv/Fm95DAT) e coeficiente de extinção não-fotoquímica aos 79 DAT (qNP79DAT).

Figura 17 - Altura de plantas (cm) (A.), variação de crescimento entre avaliações (B.) e percentual de crescimento entre avaliações (C.) de plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

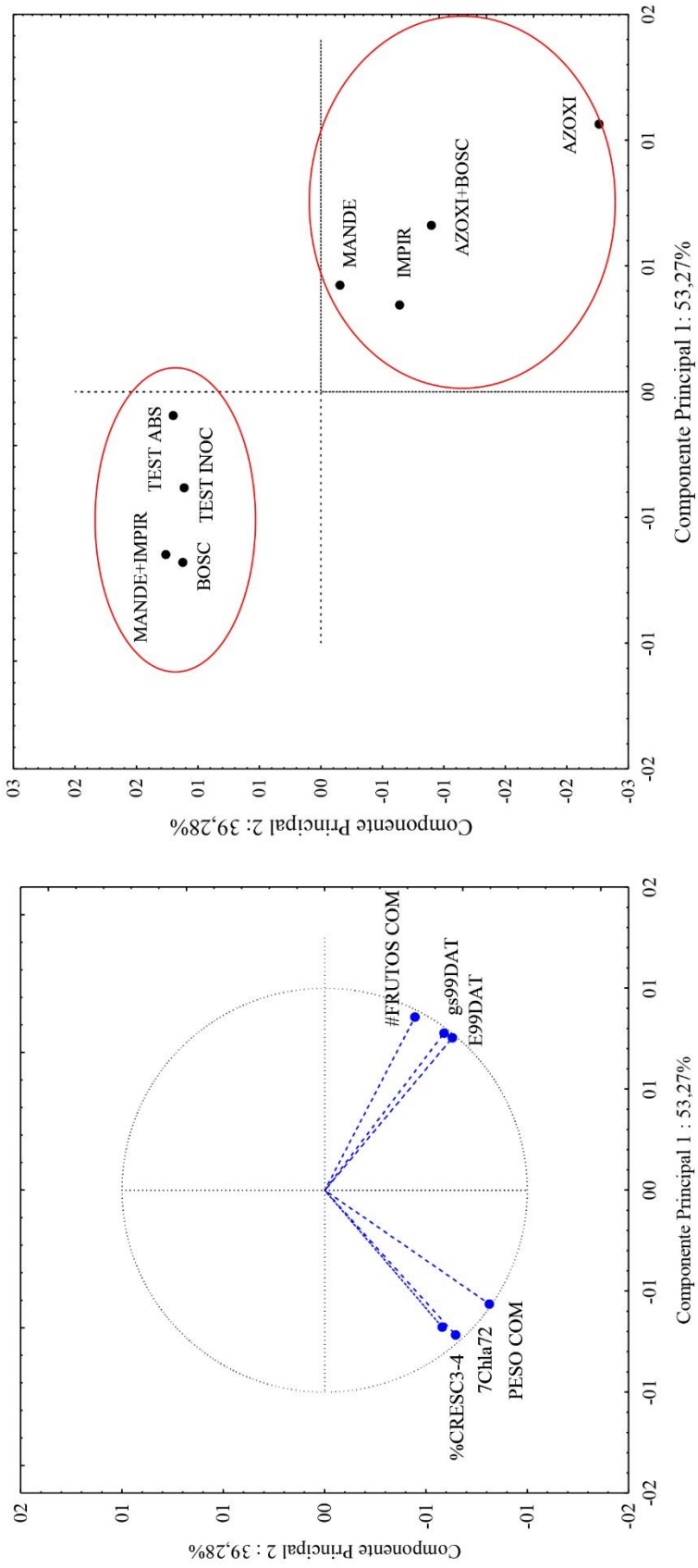
A análise de componentes principais (ACP 3) relacionada aos efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento de plantas de tomate tratadas com diferentes fungicidas, para o experimento de 2019 determinou 92,5% da variância dos dados (Figuras 18A e 18B), com apenas duas componentes principais, revelando diferenças significativas no agrupamento dos tratamentos em relação ao experimento de 2018, por formarem apenas dois grandes agrupamentos.

Os tratamentos AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e AZOXI promoveram efeitos significativos no número de frutos comerciais, além de promoverem maior *gs* e *E* aos 99 DAT (Figuras 18A e 18B). Já os tratamentos MANDE+IMPIR, BOSC e as duas testemunhas (TEST INOC e TEST ABS) apresentaram desempenho contrário, pois não influenciaram no crescimento e desenvolvimento das plantas.

Houve correlação positiva entre as variáveis *gs* e *E* aos 99 DAT (0,944), entre *gs* aos 99 DAT e o percentual de crescimento das plantas entre a 3ª e 4ª avaliações (0,882). O percentual de crescimento das plantas entre a 3ª e 4ª avaliações também apresentou correlação positiva com *E* aos 99 DAT (0,908) (Tabela 13).

Também houve aumento nas concentrações de clorofila *a* e *b* às 72 horas após a sétima aplicação dos tratamentos AZOXI e IMPIR (Figuras 10 e 11). Além de apresentarem desenvolvimento significativo no número de frutos comerciais (39,8 e 37,1 frutos para AZOXI e IMPIR, respectivamente), peso comercial (5,20 e 4,78 para AZOXI e IMPIR, respectivamente) (Tabela 10). No entanto, a aplicação de AZOXI e IMPIR apresentaram a maior perda de massa de frutos ao longo das avaliações (Figura 21).

Figura 18 - Pesos dos atributos (A.) e escores dos tratamentos (B.) na análise de componentes principais 3 (ACP 3) para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).
Percentual de crescimento de plantas entre as avaliações 3 e 4 (%CRESC3-4), condutância estomática e taxa de transpiração aos 99DAT (gs99DAT e E99DAT), concentração de clorofila a após 72 horas da 7ª aplicação (7Chla72), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso de frutos comerciais (PESO COM).

Tabela 13 - Matriz de correlação das variáveis significativas ACP 3 para os efeitos fisiológicos após os tratamentos TEST INOC, TEST ABS, BOXC, AZOXI, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.

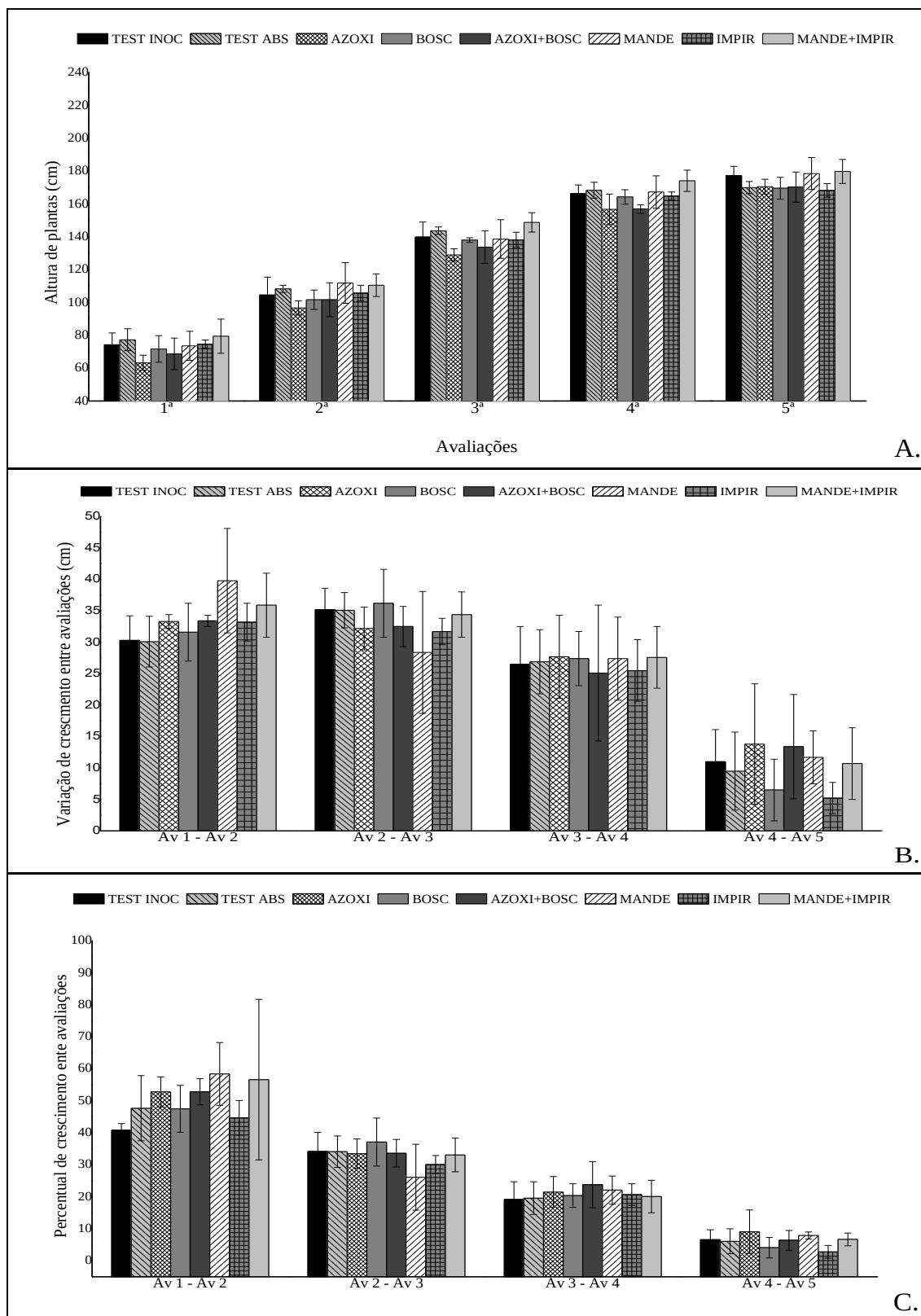
	gsJUL	EJUL	7Chla72	%CRESC3-4	#FRUTOS COM	PESO COM
gsJUL	1,00000	-	-	-	-	-
EJUL	0,94472*	1,00000	-	-	-	-
7Chla72	-0,24042	-0,11930	1,00000	-	-	-
%CRESC3-4	0,88293*	0,90809*	-0,27109	1,00000	-	-
#FRUTOS COM	0,05913	0,06830	0,79053	-0,12658	1,00000	-
PESO COM	-0,14805	-0,14463	0,74419	-0,35515	0,96296*	1,00000

Fonte: WEBER (2019).

(*) valores significativos a 5% de probabilidade pelo teste de correlação de Pearson.

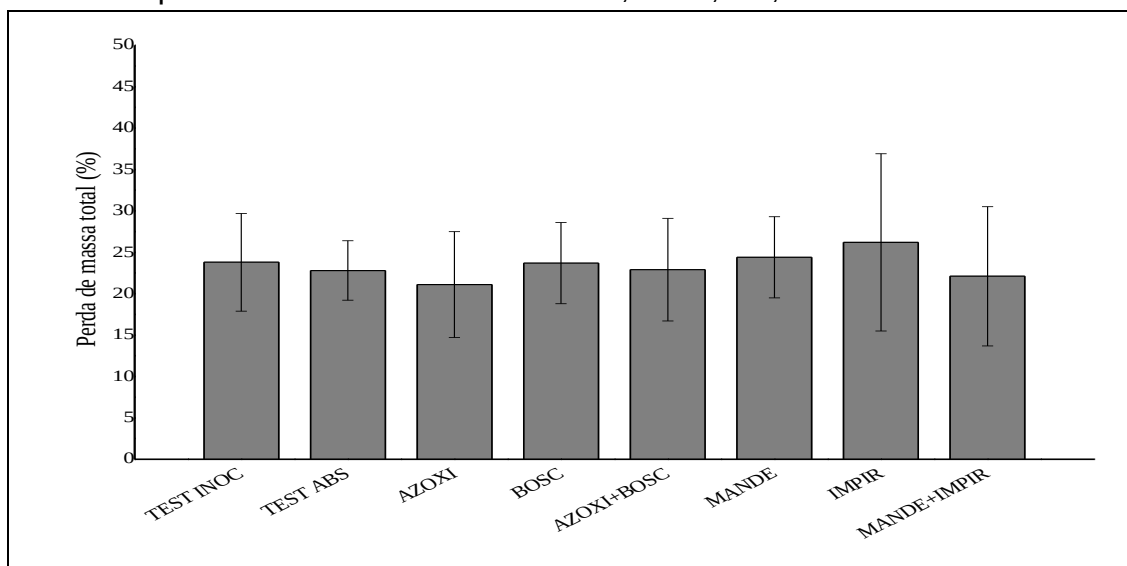
Percentual de crescimento de plantas entre as avaliações 3 e 4 (%CRESC3-4), condutância estomática e taxa de transpiração aos 99DAT (gs99DAT e E99DAT), concentração de clorofila a após 72 horas da 7ª aplicação (7Chla72), número de frutos comerciais (#FRUTOS COM), peso de frutos comerciais (PESO COM).

Figura 19 - Altura de plantas (cm) (A.), variação de crescimento entre avaliações (B.) e percentual de crescimento entre avaliações (C.) de plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019.



Fonte: WEBER (2019).

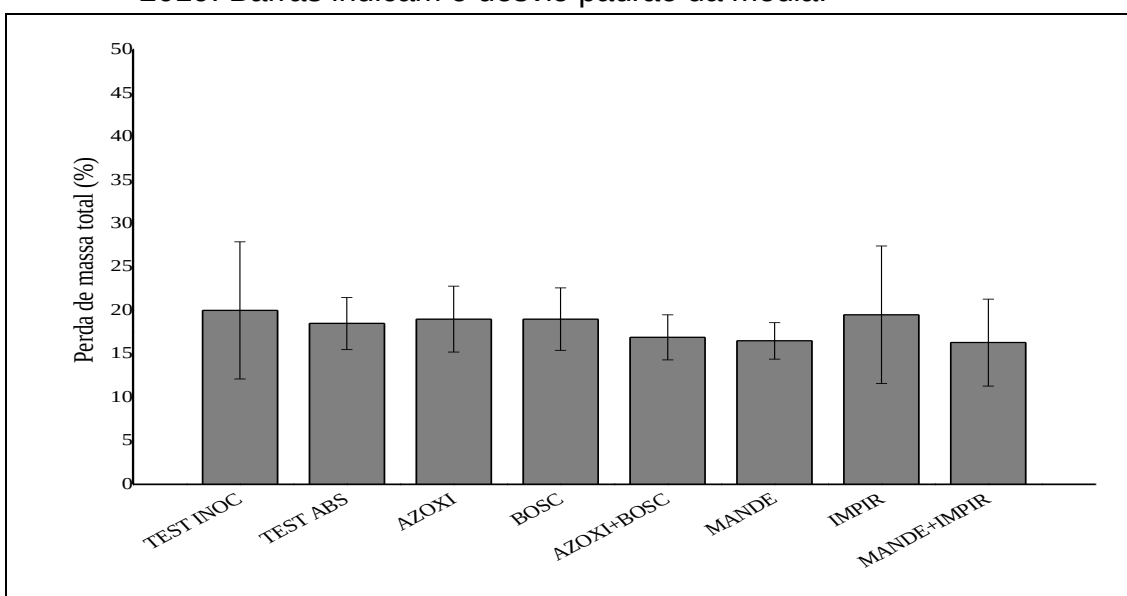
Figura 20 - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa de frutos (%) de tomate cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos, Barras indicam o desvio padrão da média. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018.



Fonte: WEBER (2018).

Comparando os efeitos dos tratamentos na perda de massa dos frutos entre os dois locais de estudo, observa-se que no experimento de 2018 a perda de massa foi maior. No entanto, o comportamento dos fungicidas foi semelhante entre os dois locais (Figuras 20 e 21).

Figura 21 - Efeito dos diferentes tratamentos na perda de massa de frutos (%) de tomate cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019. Barras indicam o desvio padrão da média.



Fonte: WEBER (2019).

Quanto as variáveis de crescimento de plantas notaram-se que a altura de plantas teve comportamento semelhante entre os dois anos avaliados. No entanto, a variação de crescimento no experimento de 2019 apresentou os maiores efeitos entre a 1ª e 2ª avaliações, 2ª e 3ª avaliações e entre a 3ª e 4ª. Já no experimento de 2018 houve maior variação de crescimento entre a 2ª e 3ª e entre a 3ª e 4ª avaliações (Figuras 17B e 19B).

Os efeitos no percentual de crescimento também apresentaram diferenças entre os dois anos avaliados (Figuras 17C e 19C), no experimento de 2019 o percentual de crescimento foi gradativamente diminuindo ao longo das avaliações, enquanto que no experimento de 2018 houve um aumento entre as avaliações 2-3 e depois manteve um padrão de crescimento ao longo da 3ª até a 7ª avaliação, diminuindo apenas na última avaliação.

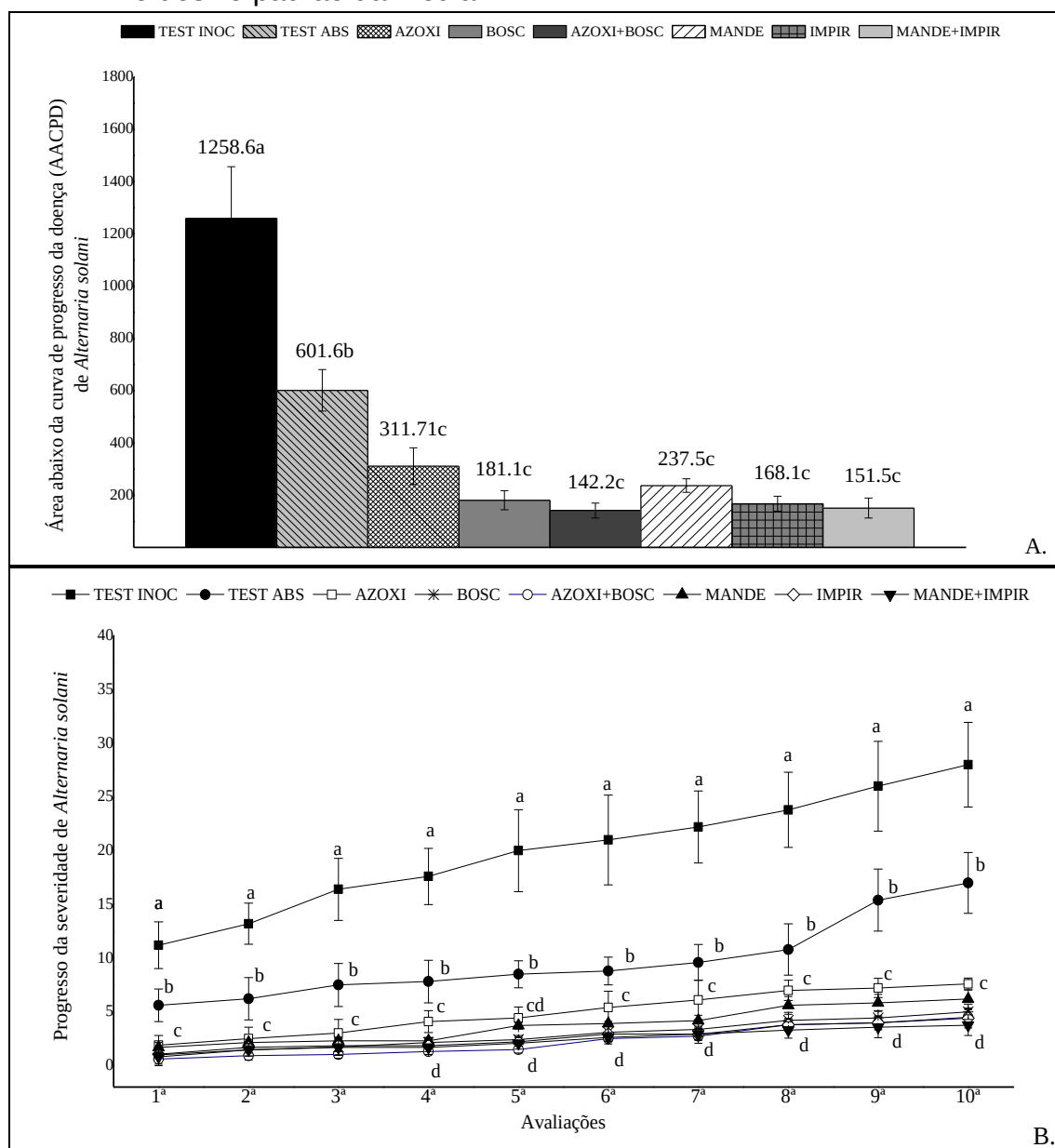
Portanto, os fungicidas avaliados apresentaram diferentes comportamentos quanto aos efeitos fisiológicos em tomateiro COLT, com diferenças significativas entre os dois anos de estudo. No experimento de 2019, os tratamentos AZOXI+BOSC e MANDE aumentaram a E e a g_s aos 99 DAT, como houve correlação positiva entre estas variáveis e o percentual de crescimento das plantas entre as avaliações 3 e 4, a aplicação destes fungicidas promoveu mudanças no processo fotossintético. Porém, tais mudanças não foram suficientes para causarem efeito significativos na produtividade de frutos.

Diferente do que ocorreu no experimento de 2018, no qual os tratamentos AZOXI+BOSC e MANDE+IMPIR apresentaram os melhores valores de eficiência do uso da água, eficiência de carboxilação, taxa de assimilação de CO_2 , condutância estomática e eficiência máxima do PSII, os quais proporcionaram também maiores percentuais de crescimento entre a 4ª e 5ª avaliação e 7ª e 8ª avaliações.

Enquanto o tratamento MANDE apresentou baixa eficiência fotoquímica, sendo semelhante ao observado para as duas testemunhas (TEST ABS e TEST INOC).

Por isso, para verificar o efeito dos fungicidas no controle de *Alternaria sp.* foram avaliadas a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e o progresso da severidade da doença ao longo das avaliações em ambos os experimentos. No experimento de 2018 houve redução da AACPD para os diferentes fungicidas avaliados em relação as duas testemunhas, TEST INOC (1258,6) e TEST ABS (601,6) (Figura 22A).

Figura 22 - Efeito dos diferentes tratamentos na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (A,) e no progresso da severidade (B,) de *Alternaria* sp. em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2018. Médias (n=5) seguidas de letras distintas diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, Barras indicam o desvio padrão da média.



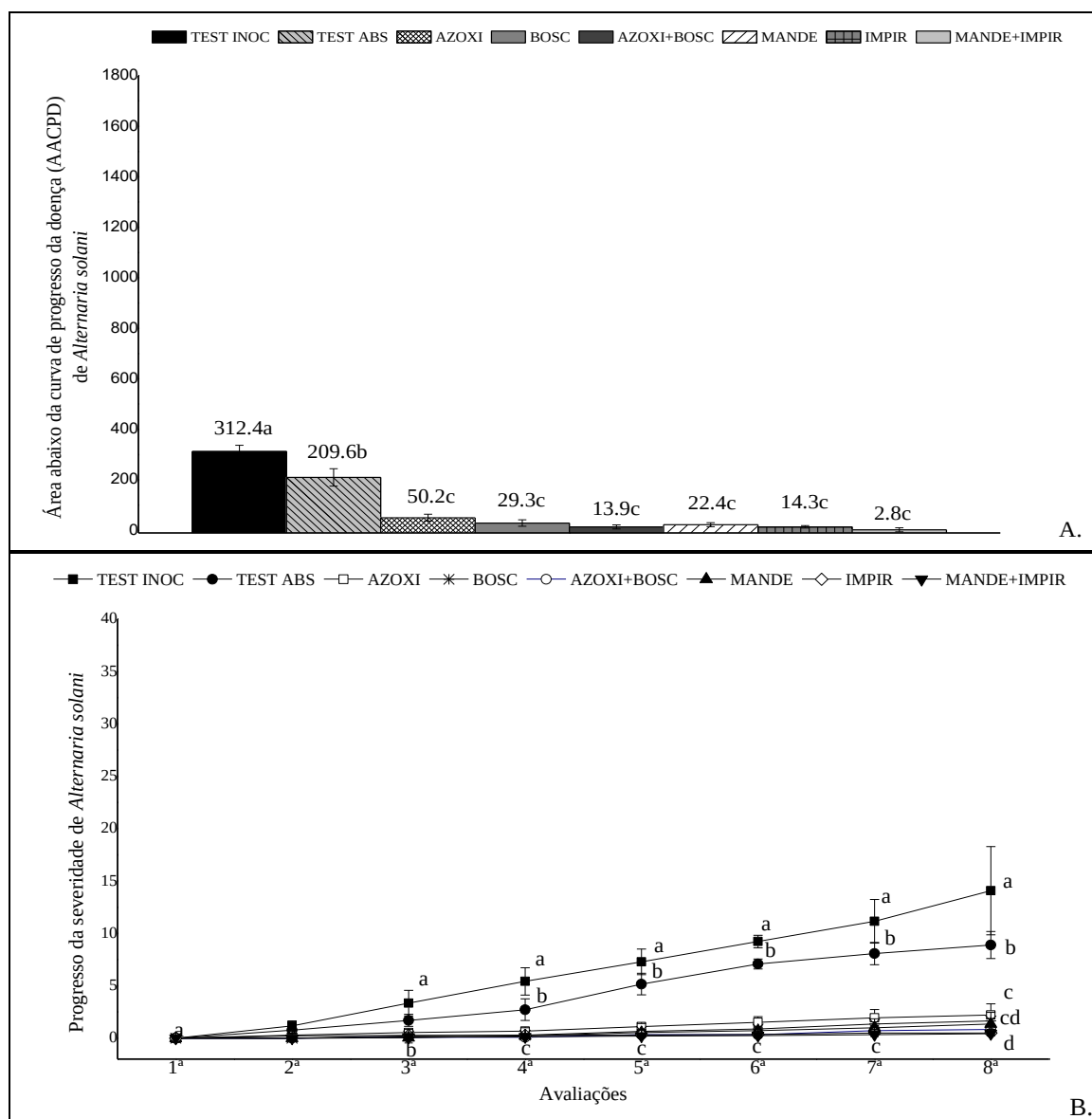
Fonte: WEBER (2018).

A AACPD não foi significativa para nenhuma das ACPs realizadas nos dois anos avaliados. No entanto, os tratamentos AZOXI, BOSC, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR reduziram os valores em 75,2%, 85,6%, 88,7%, 81,1%, 86,6% e 97,9% para a AACPD, em relação à testemunha inoculada (Figura 22A). O progresso da severidade da doença também apresentou diferenças significativas

($p < 0,05$) ao longo do período de avaliação, com diferenças significativas entre os fungicidas a partir da quinta avaliação (Figura 22B).

No experimento de 2109 também houve redução da AACPD para os diferentes fungicidas avaliados em relação as duas testemunhas TEST INOC (312,4) e TEST ABS (209,6) (Figura 23A). No entanto, a severidade da doença foi menor do que a observada no ano de 2108 (Figura 22A).

Figura 23 - Efeito dos diferentes tratamentos na área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (A.) e no progresso da severidade (B.) de *Alternaria* sp. em plantas de tomateiro cultivar COLT, cultivadas em ambiente protegido e tratadas com diferentes fungicidas de efeitos fisiológicos. Fazenda Ituaú, Salto, SP, 2019. Médias (n=5) seguidas de letras distintas diferem pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Barras indicam o desvio padrão da média.



Fonte: WEBER (2019).

Os tratamentos AZOXI, BOSC, AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e MANDE+IMPIR reduziram os valores em 84,2%, 88,4%, 94,0%, 90,3%, 96,5% e 96,9% para a AACPD, em relação à testemunha inoculada no experimento realizado em 2019. O progresso da severidade da doença apresentou diferenças significativas

($p < 0,05$) ao longo do período de avaliação, com destaque para a oitava avaliação onde houve diferença significativa entre os fungicidas (Figuras 23A e 23B).

5 DISCUSSÃO

A análise de variância (ANOVA), comumente descrita como x análise estatística univariada, é o método mais comum para investigar diferenças entre tratamentos. No entanto, nem sempre os valores médios encontrados para as características avaliadas apresentam diferença estatística entre os tratamentos. Porém, pesquisadores do setor agrícola necessitam investigar novas ferramentas de análise, para aumentar o nível de informações antes de tomar a decisão de rejeitar ou não uma hipótese.

Pois, por exemplo, para uma planta a presença de uma molécula de CO₂ na fotossíntese ou uma de H₂O para ser utilizada no metabolismo podem sim fazer xxx diferença muito grande no seu desenvolvimento (MACEDO, 2015). Deste modo, análises estatísticas multivariadas, como a análise de componentes principais (ACP), são importantes para avaliar possíveis diferenças entre os tratamentos (muitas vezes não diagnosticada pela ANOVA) a partir de um grande número de variáveis analisadas, e não avaliando cada variável isoladamente, como ocorre na estatística univariada.

A ACP na área das ciências agrárias pode ser utilizada para identificar padrões de respostas, a partir de um grande número de variáveis dependentes levantadas, visando à redução da dimensionalidade dos dados, levando em consideração o maior número de atributos observados durante a pesquisa. A lapidação dos dados classifica as variáveis que contém as informações mais relevantes para o modelo a fim de diferenciar os tratamentos (ou grupos de tratamentos), eliminando, portanto, as variáveis que adiciona pouco ou nada à interpretação dos resultados.

Portanto, padrões característicos dos diversos tipos de tratamentos em uma pesquisa agrícola podem ser determinados pelas análises utilizando-se estatísticas multivariadas, como por exemplo, no trabalho realizado por pesquisadores italianos (D'URSO *et al.*, 2015) que avaliaram as mudanças metabólicas de morangueiros orgânicos e convencionais por métodos classificatórios utilizando-se ACP, ou nas pesquisas de Tiecher *et al.* (2012) que puderam classificar solos cultivados de solos florestais empregando-se também ACP.

Por isso, optou-se na presente Tese, avaliar por meio de ACP as possíveis diferenças entre os tratamentos avaliados para os efeitos: nas respostas ao estresse oxidativo, na produtividade e qualidade pós-colheita e efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento de plantas de tomateiro.

5.1 Respostas ao estresse oxidativo

A análise de componentes principais permitiu verificar que os tratamentos promoveram diferentes efeitos na atividade das enzimas SOD, POD e CAT e na peroxidação lipídica, em ambos os anos de estudos. As enzimas envolvidas no estresse oxidativo são importantes para conter os efeitos deletérios provocados pelo aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ERO) após algum tipo de estresse biótico ou abiótico. Uma vez que a superprodução de ERO causam danos oxidativos em proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, caracterizando o estresse oxidativo (BARBOSA *et al.*, 2014).

No experimento de 2018 os efeitos proporcionados por AZOXI+BOSC, juntamente com MANDE+IMPIR, não apresentaram efeitos na atividade das enzimas antioxidantes, mas se destacaram por promoverem efeitos positivos na eficiência fotossintética, evidenciados pelos maiores valores de g_s , A e A/C_i no início do desenvolvimento das plantas (50 e 66 DAT). O tratamento IMPIR promoveu maiores valores de A , A/C_i , ETR e qP aos 95 DAT. No entanto, nota-se que o mesmo tratamento no experimento de 2019 não apresentou efeitos significativos nos parâmetros fotossintéticos e na atividade enzimática.

No experimento de 2019 os tratamentos não promoveram efeitos significativos na taxa de assimilação de CO_2 , como já verificado por outros pesquisadores nas culturas de tomate (MAREK *et al.*, 2018) e soja (FAGAN *et al.*, 2010; CARRIJO, 2014) quando tratadas com estrobilurinas e/ou carboxamidas, as quais promoveram aumento da taxa de assimilação de CO_2 e elevação da taxa fotossintética líquida, verificados no experimento de 2018.

De maneira geral, os efeitos observados no experimento de 2019 foram diferentes dos de 2018, no qual apenas o tratamento AZOXI+BOSC e AZOXI se destacaram dos demais tratamentos por apresentarem efeitos na atividade da enzima SOD, os quais não foram eficientes para evitar os danos causados pela peroxidação lipídica, que acarretou em menor eficiência fotossintética.

A partir da mensuração da cinética de emissão da fluorescência, podem ser observadas alterações no equilíbrio das reações fotoquímicas, devido aos danos ocorridos no aparato fotossintético (BAKER; ROSENQVIST, 2004). De fato, comparando os efeitos dos tratamentos entre os dois anos avaliados observou-se que no experimento de 2018 os baixos valores de F_v/F_m (abaixo de 0,55), indicam que as

plantas não se encontravam em condições saudáveis, possivelmente com danos no aparato fotossintético decorrentes do aumento da produção de ERO em tecido vegetal submetido a condições de estresse abiótico ou biótico (KARUPPANAPANDIAN *et al.*, 2011). Fato não observado no experimento de 2019, no qual os valores de F_v/F_m estavam acima de 0,9 revelando plantas fotossinteticamente saudáveis.

Como já mencionado, a eliminação das ERO por intermédio das enzimas SOD, POD e CAT é muito importante para a homeostase celular, pois os radicais livres são os principais oxidantes responsáveis pela peroxidação de lipídios, causando a permeabilidade das membranas e o colapso das funções celulares (DINAKAR *et al.*, 2012). Por isso, a ocorrência do aumento das ERO, e consequente ineficiência da ação das enzimas, afeta potencialmente a atividade fotossintética, como de fato foi diagnosticado para o experimento de 2018.

A correlação negativa entre a concentração interna de CO_2 (C_i) e a taxa de assimilação de CO_2 (A), propõe que quando há o aumento da C_i não ocorre o consumo do CO_2 , devido a algum fator que está bloqueando o processo. Tal fator, possivelmente pode ser danos causados pela presença de estresse, com consequente aumento da produção de ERO e ineficiente controle das mesmas pelas enzimas SOD, CAT e POD, que resulta em maior nível de peroxidação lipídica dos tecidos, como pode ser observado nos resultados obtidos.

No entanto, uma vez que ocorrendo o aumento da C_i e o não consumo do CO_2 nos processos fotossintético, em decorrência do aumento da lipoperoxidação nos tecidos de plantas de tomate, a A é reduzida. Quando há a assimilação e incorporação de maiores concentrações de CO_2 , há o aumento da quantidade de fotoassimilados produzidos, possibilitando maior desenvolvimento e produtividade das plantas (MAREK *et al.*, 2018), fato não observado para os fungicidas testados nas condições deste experimento.

Em 2019 nenhum tratamento promoveu efeitos positivos nos parâmetros fotossintéticos, porém foram observados efeitos significativos na concentração de pigmentos fotossintéticos. Houve diferentes efeitos dos tratamentos na concentração de pigmentos fotossintéticos proporcionados ao longo das aplicações. Porém, as correlações negativas observadas entre as atividades das enzimas e os pigmentos, bem como entre a atividade das enzimas e os parâmetros fotossintéticos, indicam que o estresse oxidativo possivelmente interferiu na concentração dos pigmentos fotossintéticos e, consequentemente, na eficiência fotossintética.

Fungicidas de efeitos fisiológicos positivos, como algumas moléculas pertencentes aos grupos químicos das estrobilurinas e carboxamidas, promoveram o aumento da síntese de pigmentos fotossintéticos e a atividade de enzimas antioxidativas a partir dos 15 DAT. Este *start* inicial promovido por tais tratamentos refletiu diretamente na fotossíntese líquida e nos demais parâmetros de trocas gasosas avaliadas em plantas de tomateiro híbrido Conquistador, demonstrando ser um dos importantes efeitos destas moléculas (MAREK et al., 2018).

No experimento de 2019 AZOXI+BOSC foi o único tratamento que não proporcionou efeitos positivos na concentração de clorofila *a* e *b*, carotenoides e antocianinas, os demais apresentaram efeitos positivos em diferentes momentos das aplicações. O tratamento MANDE+IMPIR, MANDE, BOSC e AZOXI promoveram maior síntese de pigmentos fotossintéticos. Maiores concentrações destas moléculas aumenta a eficiência fotoquímica, fator importante para o crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta, porém a aplicação deste tratamento não apresentou efeitos significativos nas avaliações de trocas gasosas.

Quanto maior a quantidade de clorofila *a*, mais elevados estarão os processos fotoquímicos da fotossíntese (BAKER; ROSENQVIST, 2004). O acréscimo nos teores de clorofilas *a* e *b* resulta em maior absorção da luz, a qual ocorre nos PSI e PSII, que são constituídos de pigmentos fotossintéticos (clorofila *a* e *b*, e carotenoides) (CASIERRA-POSADA; PEÑA-OLMOS, 2015).

A aplicação de fungicidas de efeitos fisiológicos (estrobilurinas e carboxamidas) promovem efeito fisiológico promissor ao promover a síntese de pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a* e *b*, carotenoides), o que consequentemente melhora a eficiência fotossintética e a produção de fotoassimilados (YEOM et al., 2014). Incrementos nos teores de clorofilas também foram relatados em meloeiro (MACEDO, 2015) e tomateiro (RAMOS, 2013; JACOBELIS JUNIOR, 2015; MAREK et al., 2018), após aplicação de fungicidas a base de estrobilurinas e carboxamidas.

5.2 Efeitos na produtividade e qualidade pós-colheita

De acordo com a análise de componentes principais, a produtividade e a qualidade dos frutos de tomate foram influenciadas positivamente pela aplicação dos fungicidas de efeitos fisiológicos, no entanto, em intensidades diferentes. No experimento de 2018 os tratamentos MANDE+IMPIR, MANDE e AZOXI não

apresentaram efeitos positivos para o número de frutos totais e comerciais, massa e porcentagem de frutos comerciais, sendo semelhantes aos resultados observado para TEST ABS e TEST INOC.

Tal fato indica que as aplicações destes tratamentos não interferiram positivamente na produtividade de frutos de tomate cultivar COLT. No entanto, os tratamentos AZOXI+BOSC, BOSC e IMPIR proporcionaram a melhor produção de frutos (t/ha), bem como influenciaram no peso total e comercial e no número de frutos totais e comerciais. Já no experimento de 2019 apenas o tratamento IMPIR promoveu efeitos positivos no peso, no número e na porcentagem de frutos comerciais.

Tais resultados indicam que o efeito positivo na produtividade de tomateiro da aplicação de estrobilurinas e carboxamidas parece ser dependente de qual princípio ativo está sendo utilizado, da cultivar do tomateiro e das condições edafoclimáticas. Pois, a aplicação de AZOXI+BOSC, MANDE+IMPIR, MANDE, IMPIR e BOSC em tomateiro cultivar COLT não apresentaram o mesmo padrão de efeitos positivos já observados em outros estudos na cultura do tomate, como os realizados por Giuliani *et al.* (2010) com a aplicação de azoxistrobina, por Cantore *et al.* (2016) testando piraclostrobina e por Marek *et al.* (2018) que relataram que a aplicação de piraclostrobina, cresoxim-metílico, boscalida e fluxapiroxade promoveram maior rendimento de frutos comercializáveis e proporcionaram incrementos na produtividade da cultura.

A qualidade pós-colheita de frutos de tomate COLT também apresentou diferenças significativas em função dos tratamentos. Os valores de *ratio* aos 0 DAC e o teor de acidez titulável foram influenciados significativamente pela aplicação de MANDE no experimento de 2018, enquanto que AZOXI promoveu aumento do *ratio* em frutos armazenados por 10 DAC. Os demais fungicidas não influenciaram tais características.

No experimento de 2019, novamente o tratamento AZOXI influenciou o *ratio* em frutos armazenados por 15 DAC, além de promover maior teor de sólidos solúveis totais (kg/ha). Já o tratamento com AZOXI+BOSC promoveu maior teor de acidez titulável aos 15 DAC. Resultados semelhantes também foram encontrados por Ramos *et al.* (2013) e Marek *et al.* (2018) após a aplicação de estrobilurinas e carboxamidas na cultura do tomateiro.

De acordo com Antunes *et al.* (2014) o sabor dos frutos é determinado pelas características sensoriais como doçura, acidez, aroma, textura, etc. A relação SS/AT

(*ratio*) é um parâmetro utilizado para determinar a qualidade do fruto maduro, mensurando o equilíbrio entre o conteúdo de açúcares e ácidos no fruto (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nota-se que o tratamento AZOXI+BOSC aumentou a acidez titulável, enquanto que o tratamento somente com AZOXI aumentou o teor de sólidos solúveis, que refletiu no melhor *ratio* dos frutos armazenados durante 15 dias.

Importante destacar que estes efeitos não foram observados no momento da colheita, em ambos os anos de avaliação, no qual o tratamento AZOXI teve o menor *ratio*. Isto indica que possivelmente a aplicação de produtos à base de AZOXI melhoram a qualidade pós-colheita de frutos de tomate em períodos mais longos de armazenamento.

No experimento de 2019 a aplicação de AZOXI e BOSC isoladamente aumentou o *ratio* aos 15 DAC, no entanto a aplicação destas moléculas combinadas (AZOXI+BOSC) apresentou o menor *ratio*, sendo inclusive inferior ao observado nos frutos das plantas controle. Novamente observa-se que a aplicação de AZOXI e de BOSC isoladamente foi mais eficiente em promover efeitos positivos na qualidade pós-colheita de frutos de tomate.

5.3 Efeitos fisiológicos no crescimento e desenvolvimento

O principal objetivo da aplicação de fungicidas é obter eficientes níveis de controle de doença. Entretanto, com o advento das estrobilurinas e carboxamidas, a aplicação de fungicidas ganhou novo conceito, passando a serem também promotores de efeitos fisiológicos, por aumentarem a biomassa e a produção, mesmo em plantas que não são afetadas por fungos, tornando-se práticas agrícolas interessantes no cenário agrícola (MAREK *et al.*, 2018).

Conforme a análise de componentes principais os fungicidas avaliados apresentaram diferentes comportamentos quanto aos efeitos fisiológicos em tomateiro COLT, com diferenças significativas entre os dois anos de estudo. No experimento de 2019, os tratamentos AZOXI+BOSC, MANDE, IMPIR e AZOXI aumentaram a *E* e a *g_s* aos 99 DAT, como houve correlação positiva entre estas variáveis e o percentual de crescimento das plantas entre as avaliações 3 e 4, a aplicação destes fungicidas promoveu mudanças no processo fotossintético. Tais mudanças promoveram efeitos positivos no número de frutos comerciais, porém não foram suficientes para causarem efeito significativos na produtividade total.

Diferente do que ocorreu no experimento de 2018, no qual os tratamentos AZOXI+BOSC e MANDE+IMPIR apresentaram os melhores valores de eficiência do uso da água, eficiência de carboxilação, taxa de assimilação de CO₂, condutância estomática e eficiência máxima do PSII aos 66 DAT. A razão F_v/F_m indica as condições do aparato fotossintético das folhas, cujos valores entre 0,75 e 0,85 demonstram eficiente conversão da energia luminosa em nível de PSII, Björkman e Demming (1987) relata que valores de F_v/F_m abaixo de 0,725 indica que as folhas certamente estão submetidas a danos fotoinibitório, portanto as plantas de tomate nas condições deste experimento possivelmente apresentavam-se sob condições de estresse no experimento de 2018 no qual os valores foram inferiores a 0,55, e este dano pode ser dinâmico (quando é reversível) ou crônico (quando é irreversível). Já no experimento de 2019, todos os tratamentos apresentaram valores acima de 0,8 indicando estado fotossinteticamente saudável das plantas.

O aumento da abertura estomática reflete em maior assimilação de CO₂, porém também acarreta em maior perda de água por transpiração. No entanto, é possível verificar que a aplicação de AZOXI+BOSC e MANDE+IMIR promoveu equilíbrio neste processo, mantendo as taxas fotossintéticas altas. De acordo com Xu *et al.* (2015), o aumento da assimilação de CO₂ reflete diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta, devido aos maiores índices de fotossíntese líquida.

Ainda, efeitos negativos na eficiência fotoquímica das plantas foram observados aos 79 DAT após a aplicação AZOXI e MANDE, semelhantes as duas testemunhas (TEST INOC e TEST ABS). Estas plantas apresentaram maior coeficiente de extinção não fotoquímica (qNP), ou seja, havia perda de energia potencial em processo não fotoquímicos. Neste mesmo momento observou-se que houve queda da taxa de transporte de elétrons (ETR). Quando ocorre redução na ETR , as plantas acabam produzindo menor quantidade de NADPH₂ e ATP, e consequentemente, menor síntese de carboidratos, portanto assimilando menores quantidade de CO₂. Por isso a ETR está correlacionada com os demais parâmetros fotossintéticos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Quando ocorre aumento de qNP , consequentemente há o decréscimo de qP , que reflete o estado reduzido do acceptor primário de elétrons do PSII, a quinona A, fornecendo uma estimativa da capacidade do PSII em utilizar a energia luminosa para a redução de NADP⁺, indispensável à assimilação de carbono. Além disso, o coeficiente qP é um parâmetro utilizado para estimar o estado de reoxidação da

quinona A. A ocorrência de inibição na transferência de elétrons da quinona A para o aceptor secundário de PSII (quinona B), resulta numa rápida redução da quinona A (centros de reação de PSII fechados) e em aumentos da fluorescência como qP . Por outro lado, o aumento de qNP indica menor eficiência fotoquímica, ou seja, está ocorrendo perda de energia pela dissipação de calor, em razão do aumento no gradiente de prótons entre o lúmen e o estroma do cloroplasto (BAKER, 2008).

Nenhum dos tratamentos avaliados no experimento de 2019, promoveu efeitos significativos na taxa de assimilação de CO_2 (A), como já verificado por outros pesquisadores nas culturas de tomate (MAREK *et al.*, 2018) e soja (FAGAN *et al.*, 2010; CARRIJO, 2014) quando tratadas com estrobilurinas e/ou carboxamidas, as quais promoveram aumento da taxa de assimilação de CO_2 e elevação da taxa fotossintética líquida, também observados no experimento de 2018.

A TEST INOC apresentou os menores valores nas características avaliadas nos dois experimentos, o que era de se esperar, uma vez que a presença da doença afeta negativamente o desenvolvimento da planta. Plantas com alta severidade de *Alternaria sp.* tendem a apresentar baixa eficiência fotossintética, pois a presença do patógeno compromete a integridade do aparato fotossintético e, conseqüentemente, a síntese de fotoassimilados, afetando a produção e a qualidade dos frutos.

A variável AACPD não foi significativa para compor nenhuma das análises de ACP, no entanto faz-se necessário avaliar o desempenho de controle da doença, uma vez que é o foco principal da aplicação e fungicidas. Comparando os dois locais de estudo pode-se observar que no experimento de 2018 houve maior severidade da doença. No entanto, todos os fungicidas avaliados foram eficientes no controle de *Alternaria sp.*, com comportamento semelhante nos dois experimentos.

A TEST INOC ficou isolada dos demais grupos, por apresentar os menores valores nas características avaliadas, o que era de se esperar, uma vez que a presença da doença afeta negativamente o desenvolvimento da planta. Plantas com alta severidade de *Alternaria sp.* tendem a apresentar baixa eficiência fotossintética, pois a presença do patógeno compromete a integridade do aparato fotossintético e, conseqüentemente, a síntese de fotoassimilados, afetando a produção e a qualidade dos frutos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições do experimento foi possível observar que as plantas testemunhas comparadas aos demais tratamentos foram aquelas que apresentaram os menores valores para a maioria das características avaliadas, comprovando o efeito fisiológico dos fungicidas em tomateiro cultivar COLT.

A atividade das enzimas antioxidantes e de peroxidação lipídica não foi afetada pela aplicação dos diferentes fungicidas (nem pela presença do patógeno), diferente dos resultados já encontrados em outros trabalhos com princípios ativos dos mesmos grupos químicos em diferentes culturas.

A severidade de *Alternaria sp.* foi baixa em ambos os anos avaliados, apontada pelos baixos valores de AACPD, em comparação com outros trabalhos que avaliaram o progresso da doença, sendo que no ano de 2019 os valores das AACPD para as testemunhas foram bem menores do que as observadas em 2018. O desenvolvimento da doença pode ter sido afetado pelas condições climáticas (temperatura e umidade relativa do ar), uma vez que o experimento de 2018 foi instalado em 11 de agosto (saída do inverno) e o experimento de 2019 foi instalado em 22 de março (início do outono).

Para as análises de qualidade pós-colheita dos frutos, foram colhidas e utilizadas as pencas inteiras, ou seja, havia frutos em diferentes estágios de maturação; isto possivelmente afetou os resultados encontrados, uma vez que muitos frutos foram descartados por não apresentarem padrão comercial, como por exemplo, frutos pequenos e verdes. Pois os frutos apresentam suas melhores características de sabor e cor quando completamente maduros.

Quanto ao número de aplicações é importante ressaltar que no presente estudo foram realizadas oito aplicações com intervalos de 15 dias, com o mesmo princípio ativo. Tal fato a campo não é uma estratégia a ser recomendada, o ideal é o manejo racional de fungicidas, utilizando rotação de modos de ação, uma vez que nestas condições de cultivo os produtores podem fazer mais de 12 aplicações de fungicidas ao longo do ciclo da cultura do tomate.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos e nas condições deste experimento, conclui-se que os fungicidas testados:

- a) não promoveram efeitos significativos na atividade das enzimas antioxidantes;
- b) proporcionaram alguns efeitos positivos nos parâmetros fotossintéticos, no crescimento e desenvolvimento das plantas, não havendo, no entanto, ganhos de produtividade;
- c) todos foram eficientes no controle de *Alternaria sp.*.

Portanto, em plantas de tomateiro cultivar COLT cultivadas em ambiente protegido, tratadas com os fungicidas do grupo das estrobilurinas (azoxistrobina e mandestrobina) e do grupo das carboxamidas (boscalida e impirfluxam), isoladamente e em combinações, não foi possível identificar um produto que se destacou nos dois experimentos conduzidos, pois todos apresentaram efeitos positivos em determinadas características, com grandes diferenças entre os anos avaliados.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL. **Agrianual 2019**: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria, 2019.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate**: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2004.
- ANKE, T.; OBERWINKLER, F.; STEGLICH, W.; SCHRAMM, G.; **J. Antibiot**, v. 30, p. 806-810, 1977.
- ANTUNES, M. C.; CUQUEL, F. L.; ZAWADNEAK, M. A. C.; MOGOR, A. F.; RESENDE, J. T. V. Postharvest quality of strawberry produced during two consecutive seasons. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 168-173, 2014.
- BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence as a probe of photosynthesis *In Vivo*. **Annual Review Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BALARDIN, R. S.; SILVA, F. D. L. da; DEBONA, D.; CORTE, G. D.; FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.
- BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 3, p. 453-460, 2014.
- BARTETT, D. W. CLOUGH, J. M.; GODFREY, C. R. A.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HEANEY, S. P.; MAUND, S. J Understanding the Strobilurin fungicides. **Pesticide Outlook**, London, n. 1, p. 143-148, ago. 2011.
- BERRY, J. A.; DOWNTON, W. J. S. Environmental regulation of photosynthesis. Site-specific effects of osmotically induced stromal acidification. **Plant Physiology**, v. 72, p. 1009-1100, 1983.
- BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.
- BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v. 170, n. 4, p. 489-504, 1987.
- BHATTACHARJEE, S. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. *In*: GUPTA, S. D. (ed.). **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**. Enfield: Science Publishers, 2010.

BRANDÃO FILHO, J. U. T.; GOTO, R.; GUIMARÃES, V. F.; HABERMANN, G.; RODRIGUES, J. D.; CALLEGARI, O. Influência da enxertia nas trocas gasosas de dois híbridos de berinjela cultivados em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, p. 474-477, 2003.

CANTORE, V.; LECHKAR, O.; KARABULUT, E.; SELLAMI, M. H.; ALBRIZIO, R.; BOARI, F.; STELLACCI, A. M.; TODOROVIC, M. Combined effect of déficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Agricultural Water Management**, v. 167, n. 31, p. 53-61, 2016.

CARRIJO, D. R. **Efeitos fisiológicos provocados pelo fungicida fluxopiroxade, isolado e em mistura com a piraclostrobina, na cultura da soja**. 71p. 2014. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CASIERRA-POSADA, F.; PEÑA-OLMOS, J. E. Modificaciones fotomorfogénicas inducidas por la calidad de la luz en plantas cultivadas. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, v. 39, p. 84-92, 2015.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 783p.

DEVI, S. R.; PRASAD, M. N. V. Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: response of antioxidant enzymes and antioxidants. **Plant Science**, v. 138, p. 157-65, 1998.

DINAKAR, C.; DJILIANOV, D.; BARTELS, D. Photosynthesis in desiccation tolerant plants: energy metabolism and antioxidative stress defense. **Plant Science**, v. 182, p. 29-41, 2012.

DOMINGUES, R. J.; SOUZA, J. D. F. D.; TÖFOLI, J. G.; MATHEUS, D. R. Ação “in vitro” de extratos vegetais sobre *Colletotrichum acutatum*, *Alternaria* sp. e *Sclerotium rolfsii*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 76, n. 4, 2009.

D’URSO, G.; D’AQUINO, L.; PIZZA, C.; MONTORO, P. Integrated mass spectrometric and multivariate data analysis approaches for the discrimination of organic and conventional strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) crops. **Food Research International**, v. 77, p. 264–272, 2015.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAM, L. F.; MARTINS, K. V. Efeito da aplicação de piraclostrobina na taxa fotossintética, respiração, atividade da enzima nitrato redutase e produtividade de grãos de soja. **Bragantia**, v. 69, n. 4, 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000.

FONTES, P. C. R. (ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005.

FONTES, P. C. R.; SILVA, D. J. H. da. Cultura do tomate. *In*: FONTES, P. C. R. (ed.). **Olericultura: teoria e prática**. Viçosa: UFV, 2005. p. 457-475.

FOYER, C. H.; GALTIER, N. Source-sink interaction and communication in leaves. *In*: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A. A. **Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships**. New York: Marcel Dekker, INC., 1996. p. 331-340.

FREITAS FILHO, A. M. D.; SANTOS, S. S.; BRANDÃO FILHO, J. U. T.; SANTOS, H. S.; VIDA, J. B.; HORA, R. C. D. Controle da pinta preta (*Alternaria sp.*) por meio de fungicidas na cultura do tomate. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 2, 2008.

HEATH, R. L., PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplasts I. Kinetic and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 125, n. 1, p. 189-198, 1968. GIULIANI, M. M.; CARUCCI, F.; NARDELLA, E.; FRANCAVILLA, M.; RICCIARDI, L.; LOTTI, C.; GATTA, G. Combined effects of deficit irrigation and strobilurin application on gas exchange, yield and water use efficiency in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 233, p. 149-158, 2018.

GIULIANI, M. M.; NARDELLA, E.; GATTA, G.; DE CARO, A.; QUITADAMO, M. Processing tomato cultivated under water deficit conditions: the effect of azoxystrobin. **Acta Horticulturae: III International Symposium on Tomato Diseases**, n. 914, p. 287-294, 2010.

HOFFMANN, L. L.; REIS, E. M.; FORCELINI, C. A.; PANISSON, E.; MENDES, C. S.; CASA, R. T. Efeitos da rotação de cultura, de cultivares e da aplicação de fungicida sobre o rendimento de grãos e doenças foliares em soja. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 245-251, 2004.

JABS, T. Can strobilurins still deliver? **Crop Protection**, 17, p. 19-20, abril, 2004.

JACOBELIS JUNIOR, W. **Ação de fungicidas no desenvolvimento de plantas de tomate, em condições de ambiente protegido**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

KARUPPANAPANDIAN, T.; MOON, J. C.; KIM, C.; MANOHARAN, K.; KIM, W. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. **Australian Journal of Crop Science**, v. 5, n. 6, p. 709-725, 2011.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G.; AKERS, A. Physiologische Einflüsse des neuen Getreidefungizides Jewel auf die Ertragsbildung. **Gesunde Pflanzen**, v. 49, p. 267-71, 1997.

LEHMANN, S.; SERRANO, M.; L'HARIDON, F.; TJAMOS, S. E.; METRAUX, J. P. Reactive oxygen species and plant resistance to fungal pathogens. **Phytochemistry**, v. 112, 2015.

MACEDO, A. C. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de melão rendilhado, cultivadas em ambiente protegido**. 2015. 88f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Horticultura, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2015.

MACEDO, A. C.; AMARO, A. C. E.; RAMOS, A. R. P.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Strobilurin and boscalid in the quality of net melon fruits. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, 2017.

MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. Cultivo Protegido do Tomateiro. **Circular Técnica da Embrapa Hortaliça**, n. 13, 1998.

MAREK, J. **Fungicidas de efeitos fisiológicos no controle do míldio e no desenvolvimento de mudas de videira**. 2016. 57f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2016.

MAREK, J.; AZEVEDO, D. de; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; FARIA, C. M. D. R. Photoynthetic and productive increase in tomato plants treated with strobilurins and carboxamides for the control of *Alternaria solani*. **Scientia Horticulturae**, v. 242, p. 76-89, 2018.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; TEJADA, M. T.; POSSO, D. A.; GALDINO, A. C. S.; BACARIN, M. A. Efeito da aplicação de nitrogênio e de piraclostrobina em plantas de tomateiro cultivar Micro-Tom. **Revista Ceres**, v. 63, p.-676-682, 2016.

OLIVEIRA, C. G.; DUARTE, R. J. F.; FELLIPE, J. M.; BEGLIOMINI, E. Eficácia do fungicida Cantus (Boscalid) no controle de pinta preta em tomate estaqueado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 338, 2003.

PEREIRA, M. A. B. **Resposta agrônômica e em pós-colheita de genótipos de tomate em duas épocas de cultivo em Gurupi, estado do Tocantins**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Tocantins - UFT. Gurupi-TO, 2010.

PEIXOTO, P. H. P.; CAMBRAIA, J.; SANTANNA, R.; MOSQUIM, R.; MOREIRA, M. A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 3, p. 137-143, 1999.

POPOV, E. G.; TALANOV, A. V.; KURETS, V. K.; DROZDOV, S. N. Effect of temperature on diurnal changes in CO₂ Exchange in intact cucumber plants. **Russian Journal of Plant Physiology**, v. 50, n. 2, p. 178-182, 2003.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2016). **Softwaer R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 23 jun. 2019.

RAMOS, A. C. **Produtos de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate 'Giuliana', na produção e pós-colheita de frutos**. 2013. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Horticultura, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2013.

RAMOS, A. R. P.; AMARO, A. C. E.; MACEDO, A. C.; SUGAWARA, G. S. D. A.; EVANGELISTA, R. M.; RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O. Qualidade de frutos de tomate 'giuliana' tratados com produtos de efeitos fisiológicos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 35-43, 2013.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; FORCELINI, C. A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico de doenças de plantas**. 5. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2007. 153p.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. NASA/GSFC, Type 111, Final Report, Greenbelt, MD, 1974. 371p.

SAUTER, H.; STEGLICH, W.; ANKE, T. Strobilurins: Evolution of a new class of active substances. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 38, p. 1328-1349, 1999.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SONG, W.; MA, X.; TAN, H.; ZHOU, J. Absciscic acid enhances resistance to *Alternaria sp.* in tomato seedlings. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 7, 2011.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 10, n. 1, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 820 p.

TEISSEIRE, H.; GUY, V. Copper-induced changes in antioxidant enzymes activities in fronds of duckweed (*Lemna minor*). **Plant Science**, v. 153, n. 1, p. 65-72, 2000.

TIECHER, T.; DOS SANTOS, D. R.; CALEGARI, A. Soil organic phosphorus forms under different soil management systems and winter crops, in a long term experiment. **Soil and Tillage Research**, v. 124, p. 57-67, 2012.

TÖFOLI, J. G. Pinta preta: uma ameaça constante aos cultivos da batata e do tomate. **Revista Cultivar**, fev./mar., 2004.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; GARCIA JÚNIOR, O. Controle da requeima do tomateiro com fungicidas e seus reflexos na produção. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.70, n.4, p.473-482, 2003.

VENTURE. Can produce a crop that will stand out from the rest. **Crop Protection**, Guildford, v. 29, p. 27, 2006.

XU, Z.; JIANG, Y.; ZHOU, G. Response and adaptation of photosynthesis, respiration, and antioxidant systems to elevated CO₂ with environmental stress in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, n. 70, p. 1-17, 2015.

YEOM, M.; KIM, H.; LIM, J.; SHIN, A. Y.; HONG, S.; KIM, J.; NAM, H. G. How do phytochromes transmit the light quality information to the circadian clock in Arabidopsis. **Molecular Plant**, v. 7, n. 11, p. 1701-1704, 2014.