

RENATA LEANDRA DE ALMEIDA CASTRO

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS CAUSADAS POR FUNGICIDAS EM SOJA
INFECTADA NATURALMENTE POR OÍDIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C355a Castro, Renata Leandra de Almeida, 1987
2016 Alterações fisiológicas causadas por fungicidas em soja infectada naturalmente por oídio / Renata Leandra de Almeida Castro. - 2016.
105 p. : il.

Orientador: Fernando Cezar Juliatti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Soja - Doenças e pragas - Teses. 3. Fungicidas - Teses. I. Juliatti, Fernando Cezar, 1957. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU: 631

RENATA LEANDRA DE ALMEIDA CASTRO

ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS CAUSADAS POR FUNGICIDAS EM SOJA
INFECTADA NATURALMENTE POR OÍDIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Fitopatologia, para obtenção do
título de “Mestre”.

APROVADA em 07 de abril de 2016.

Profa. Dra. Maria Cristina Sanches

UFU

Dra. Adriana de Andrade Figueiró

UFU

Profa. Dra. Juliana Araújo Santos Martins

IFTM

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus a oportunidade de estar aqui e de conviver com todas as pessoas que amo e que sempre têm algo para me ensinar. Muito obrigada!

Quero manifestar minha imensa gratidão por todos os envolvidos, direta ou indiretamente, na confecção deste trabalho. Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti por aceitar me orientar e me auxiliar nas horas em que precisei de seu tempo. Obrigada aos colegas de laboratório: Adriana Figueiró, pelas boas conversas e risadas em dias de trabalho dentro do laboratório, e Roberto, pelas boas palavras e todos os favores já realizados.

Agradeço imensamente ao Ernane, que me auxiliou em todos os dias de coleta de dados e em todos os dias nos quais eu não pude cuidar das plantas do experimento, sendo sempre muito prestativo. Ao Thales, que me auxiliou na montagem do experimento; ao Douglas e ao Daniel, que me ajudaram a carregar todos os vasos pesados após a aplicação dos tratamentos; e ao Adílio, que me ensinou todos os devidos passos para trabalhar no laboratório de sementes. Muito obrigada, rapazes!

Meu obrigado aos professores Lísias e Alisson, que permitiram que eu guardasse os equipamentos em sua sala, o que facilitou muito meu trabalho. Obrigada à professora Denise por me receber, mesmo estando muito ocupada, para me auxiliar na complexa estatística do trabalho. E principalmente, muito obrigada à professora Maria Cristina, que sempre teve a imensa boa vontade de emprestar seus equipamentos, de ensinar como utilizá-los e de me auxiliar a dirimir as diversas dúvidas que tive sobre teorias fisiológicas.

Obrigada aos bons amigos. À Larinha pelos favores prestados; ao Rafael pelas boas conversas “viajadas”; e à Ludmila por me tolerar há alguns anos. Às grandes amigas Cleusa, Marli e Patrícia, que, com toda sabedoria, sempre tiveram boas palavras para me oferecer.

Obrigada à minha mãe por toda a compreensão nas diversas vezes que não pude visitá-la porque eu estava trabalhando; à minha irmã querida, que sempre esteve à disposição para me escutar; e ao meu companheiro, Rony, por toda a paciência nos momentos em que eu estava muito ocupada.

Por fim, obrigada ao ICIAG por me acolher, por permitir a utilização de toda a sua estrutura e equipamentos, e à CAPES pelo auxílio financeiro durante a confecção do trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Soja: caracterização, origem e importância	4
2.2 Doenças ocorrentes na soja	5
2.3 Oídio	5
2.3.1 Oídio da soja.....	6
2.3.2 Interação patógeno-hospedeiro.....	8
2.3.3 Níveis de danos do oídio da soja	9
2.3.4 Controle – fungicidas.....	9
2.3.4.1 Efeitos fisiológicos causados por fungicidas	10
2.3.4.2 Grupos de fungicidas	12
2.3.4.2.1 Grupo dos benzimidazóis	12
2.3.4.2.2 Grupo das estrobilurinas	12
2.3.4.2.3 Grupo dos fungicidas biológicos	14
2.4 Aquecimento global e o efeito das mudanças climáticas sobre a soja e o oídio.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 Local, clima e época	16
3.2 Genótipos	16
3.3 Substrato	16
3.4 Semeadura e transplântio	16
3.5 Adubação e irrigação	17
3.6 Patógeno.....	17
3.7 Delineamento experimental e tratamentos.....	17
3.8 Coleta de dados	18
3.9 Avaliações.....	19
3.9.1 Trocas Gasosas	20
3.9.2 Teor das clorofilas	20
3.9.3 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	21
3.9.4 Severidade.....	22
3.9.5 Produção.....	22

3.10 Área abaixo da curva de progressão (AAPC)	22
3.11 Coeficiente de correlação linear de Pearson	23
3.12 Análise estatística	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Trocas gasosas.....	24
4.1.1 Taxa fotossintética ou taxa de assimilação de carbono (A).....	24
4.1.2 Taxa de transpiração (E)	27
4.1.3 Condutância estomática (gs)	30
4.1.4 Carbono interno (ci).....	31
4.1.5 Eficiência instantânea no uso da água (A/E).....	33
4.1.6 Eficiência intrínseca no uso da água (A/gs).....	34
4.1.7 Eficiência em carboxilação (A/ci).....	36
4.2 Teores das clorofilas <i>a</i> , <i>b</i> , <i>a+b</i> e <i>a/b</i>	37
4.3 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	41
4.3.1 Rendimento quântico potencial (Fv/Fm)	41
4.3.2 Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$).....	43
4.3.3 Relação entre os rendimentos quânticos potencial (Fv/Fm) e efetivo ($\Delta F/F_m'$) ...	46
4.4 Severidade	46
4.5 Produção	50
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
6 CONCLUSÕES.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
ANEXOS	65

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Períodos de coleta de dados delimitados pelas respectivas aplicações, Uberlândia/MG, 2015.....	19
FIGURA 2. Esquema das análises estatísticas para os resultados de cada período isoladamente, para os resultados em parcelas subdivididas no tempo (períodos) e para os resultados finais (análise geral) das AACPs das variáveis analisadas, Uberlândia/MG, 2015.	23
FIGURA 3. Médias dos valores reais do rendimento quântico potencial do genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015	42
FIGURA 4. Médias dos valores reais do rendimento quântico potencial (F_v/F_m) do genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015	42
FIGURA 5. Médias dos valores reais do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) do genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015	45
FIGURA 6. Médias dos valores reais do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) do genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015	45
FIGURA 7. Médias dos valores reais da severidade do oídio no genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.....	48
FIGURA 8. Médias dos valores reais da severidade do oídio no genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Tratamentos aplicados aos genótipos de soja, Uberlândia/MG, 2015.	17
TABELA 2. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.	24
TABELA 3. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.	27
TABELA 4. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no terceiro período (entre 70 e 94 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.	28
TABELA 5. Áreas abaixo da curva de progressão da condutância estomática conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.	30
TABELA 6. Áreas abaixo da curva de progressão do carbono interno conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.	32
TABELA 7. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.	33
TABELA 8. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.	34
TABELA 9. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.	36
TABELA 10. Áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.	38
TABELA 11. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial conforme análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.	41
TABELA 12. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo conforme análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.	44
TABELA 13. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo conforme análise com parcelas subdivididas no tempo referente a cada período, Uberlândia/MG, 2015.	44

TABELA 14. Áreas abaixo da curva de progressão da severidade do oídio conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.	47
---	----

TABELA 15. Massa seca de grãos em gramas dos genótipos conforme análise final, Uberlândia/ – MG, 2015.	50
---	----

RESUMO

CASTRO, Renata Leandra de Almeida. **Alterações fisiológicas causadas por fungicidas em soja infectada naturalmente por oídio**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.¹

A soja é uma cultura de grande importância tanto no mercado interno quanto no mercado externo. Dentre as doenças que ocorrem na cultura está o oídio, causado pelo fungo *Erysiphe diffusa*. O objetivo desta dissertação foi analisar alterações fisiológicas causadas por fungicidas em dois genótipos de soja (*i.e.*, Anta 8500 RR e BRS Santa Cruz RR) infectada naturalmente por oídio em casa de vegetação. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com seis repetições em esquema fatorial 2x5. Os tratamentos consistiram em aplicações dos fungicidas Azoxistrobina, Biofac (fermentado de *Penicillium* sp.), Carbendazim ou Picoxistrobina e uma Testemunha (sem aplicação de fungicida). Durante o período experimental, foram realizadas três aplicações, das quais cada uma delimitou um período de coleta de dados. Avaliaram-se duas vezes por semana as trocas gasosas, o teor de clorofilas, a fluorescência da clorofila *a* e a severidade da doença. Ao final do experimento, avaliou-se a produção de massa seca de grãos. As áreas abaixo da curva de progressão das variáveis foram submetidas à ANOVA e ao teste de Tukey a 5% de significância. Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina promoveram maior taxa fotossintética que a Testemunha apenas no segundo período, e o genótipo Anta obteve maior taxa que Santa Cruz. Biofac apresentou taxa de transpiração superior à da Testemunha no segundo período, e Biofac e Picoxistrobina levaram a maior transpiração para Santa Cruz no terceiro. Carbendazim logrou maior condutância estomática para Anta, e Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina alcançaram valores maiores que Carbendazim para Santa Cruz. Biofac e Picoxistrobina atingiram valores superiores de carbono interno para Santa Cruz. Azoxistrobina e Picoxistrobina propiciaram eficiência instantânea no uso da água superior à da Testemunha no segundo período, e Anta mostrou-se mais eficiente. Biofac e Picoxistrobina tiveram maiores valores de eficiência intrínseca no uso da água em Anta, e Carbendazim aumentou essa eficiência para Santa Cruz. Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina conduziram a maior eficiência em carboxilação que a Testemunha no segundo período, e Anta foi o genótipo mais eficiente. Azoxistrobina e Biofac ensejaram maiores teores de clorofilas *a*, *b* e *a+b* que a Testemunha no segundo período. Azoxistrobina permitiu maior rendimento quântico efetivo que a Testemunha e Picoxistrobina para Anta. Todos os tratamentos apresentaram severidade crescente ao longo do tempo, sendo Anta o genótipo com menor resistência ao oídio. No que diz respeito à produção, observou-se que Santa Cruz foi o genótipo mais produtivo, tendo maior produção de massa seca de grãos com Carbendazim. Para Anta, menor severidade da doença não refletiu em maior produção de grãos. Concluiu-se que as estrobilurinas (Azoxistrobina e Picoxistrobina) e Biofac se comportam de forma semelhante em relação aos efeitos fisiológicos causados na soja; todavia, os efeitos positivos não repercutiram em maior massa seca de grãos ao final do período experimental.

Palavras-chave: *Glycine max*, trocas gasosas, fluorescência da clorofila *a*, área abaixo da curva de progressão, *Erysiphe diffusa*, estrobilurina.

¹ Orientador: Fernando Cezar Juliatti – UFU.

ABSTRACT

CASTRO, Renata Leandra de Almeida. **Physiological changes produced by fungicides in soybeans naturally infected with powdery mildew.** 2016. 94 p. Dissertation. (Master Program in Agronomy/Phytopathology) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2016.¹

Soybean crop is substantially important for both Brazilian and international markets. A relevant disease that affects soybeans is powdery mildew, caused by fungus *Erysiphe diffusa*. The objective of this master's thesis was to analyze physiological changes produced by fungicides in two greenhouse-grown soybean genotypes (i.e., Anta 8500 RR and BRS Santa Cruz RR) naturally infected with powdery mildew. A complete randomized block design was used with six replications in a 2x5 factorial arrangement. Treatments consisted of applications of Azoxystrobin, Biofac (fermented solution of *Penicillium* sp.), Carbendazim or Picoxystrobin fungicides, and a Control (no fungicide application). Three applications were performed in the experimental period, and each eventually represented a period of data collection. Gas exchanges, chlorophyll content, fluorescence of chlorophyll *a* and disease severity were measured twice a week. Dry grain mass production was measured at the end of the experiment. Areas under progression curve of variables were submitted to both ANOVA and Tukey's test at 5% significance. Treatments Azoxystrobin, Biofac and Picoxystrobin had higher photosynthetic rates than Control in the second period, with genotype Anta having higher rate than Santa Cruz. Biofac had higher transpiration rate than Control in the second period, while Biofac and Picoxystrobin had higher figures in Santa Cruz in the third period. Carbendazim had greater stomatal conductance in Anta, whilst Azoxystrobin, Biofac and Picoxystrobin had greater values than Carbendazim in Santa Cruz. Biofac and Picoxystrobin had greater intercellular CO₂ concentration in Santa Cruz. Azoxystrobin and Picoxystrobin had greater instantaneous water use efficiency than Control, with Anta being more efficient than Santa Cruz. Biofac and Picoxystrobin had greater intrinsic water use efficiency in Anta, while Carbendazim increased efficiency in Santa Cruz. Azoxystrobin, Biofac and Picoxystrobin had greater carboxylation efficiency than Control in the second period, with Anta being more efficient than Santa Cruz. Azoxystrobin and Biofac had greater contents of chlorophylls *a*, *b* and *a+b* than Control in the second period. Azoxystrobin had greater effective quantum yield than Control and Picoxystrobin. All treatments faced increasing disease severity over time, with Anta being less resistant than Santa Cruz. As for production, data showed that: (1) Santa Cruz was more productive than Anta, having the greatest dry grain mass with Carbendazim, and (2) Anta's lower disease severity did not translate into higher productions. In conclusion, strobilurins (Azoxystrobin and Picoxystrobin) and Biofac performed similarly as to their physiological effects on soybeans; however, these effects did not lead to increased dry grain mass by the end of the experiment.

Keywords: *Glycine max*, gas exchanges, fluorescence of chlorophyll *a*, area under progression curve, *Erysiphe diffusa*, strobilurins.

¹ Supervisor: Fernando Cezar Juliatti – UFU.

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura cuja produção se concentra nos Estados Unidos, no Brasil, na Argentina, na Índia e na China. Faz parte do conjunto de atividades agrícolas com maior destaque tanto no mercado mundial quanto no mercado nacional, apresentando crescimento contínuo devido a fatores tecnológicos e mercadológicos. Sua cadeia produtiva envolve um grande número de instituições e atores organizacionais, e seu crescimento gera impactos significativos no ambiente de negócios, sob as perspectivas econômica, social, ambiental, tecnológica e, até mesmo, política (HIRAKURI; LAZZAROTO. 2014).

Por se tratar de uma importante *commodity*, são de extrema importância pesquisas relacionadas à melhoria da soja. Além de o rendimento potencial da soja ser determinado por fatores genéticos, há também fatores externos limitantes que atuam em algum momento durante o ciclo da cultura, influenciando assim sua produção. Dentre os fatores externos mais comuns que acometem a soja estão a adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e o ataque de fitopatógenos (ALMEIDA et al., 1999).

A incidência de doenças pode ocorrer durante todo o ciclo do cultivo, tanto na fase vegetativa quanto na fase reprodutiva. Dentre as doenças mais comuns na soja, destacam-se o oídio (*Erysiphe diffusa*), a ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), o míldio (*Peronospora manshurica*), a antracnose (*Colletotrichum truncatum*), a mancha-alvo (*Corynespora cassiicola*), a mancha púrpura (*Cercospora kikuchii*) e a septoriose (*Septoria glycines*) (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN-FILHO, 2011; KIMATI et al., 2005).

O oídio da soja é uma doença causada pelo fungo *Erysiphe diffusa* em sua forma teleomórfica e pelo *Oidium* sp. em sua forma anamórfica, a qual é a mais comumente observada em campo e em casa de vegetação. Trata-se de um fungo biotrófico que coloniza as partes aéreas da planta, principalmente as folhas. Quando ocorre em alta severidade, pode ocasionar perdas de rendimento estimadas entre 30 e 40%, pois, apesar de raramente causar a morte da planta, o fungo exaure suas reservas nutricionais (AGRIOS, 2004; GAZZONI; YORINORI, 1995). O oídio constitui uma das doenças mais bem estudadas ao longo do tempo; porém, como supracitado, ainda causa significativos prejuízos, fazendo com que estudos a ele relacionados ainda sejam de alta relevância (STADNIK, 2001).

O método mais eficiente para o controle do oídio é o uso de genótipos resistentes (YORINORI, 1997a). Porém, com a frequente ocorrência do patógeno em praticamente todas as regiões de cultivo de soja, causando graves epidemias, torna-se necessário um tipo de controle rápido e eficiente, como a aplicação de fungicidas (GHINI, 2001). Dentre os fungicidas mais utilizados para diversas doenças na cultura da soja, inclusive o oídio, há aqueles pertencentes ao grupo dos benzimidazóis e das estrobilurinas (FRAC, 2016; GHINI, 2001; RODRIGUES, 2006). Há ainda pesquisas utilizando fungicidas biológicos que consistem na utilização de micro-organismos não fitopatogênicos com potencial para combater patógenos causadores de doenças em plantas (BETTIOL, 2011; BETTIOL; GHINI, 1995; BETTIOL et al., 2012; MORANDI; BETTIOL, 2009; JULIATTI et al., 2014; VÁZQUEZ GARCÍA, 2013).

O grupo químico dos benzimidazóis tem a função de inibir a divisão celular na mitose do fungo, impedindo assim sua colonização. Como exemplo há o Carbendazim, fungicida sistêmico com ação curativa e protetora. Em contrapartida, o grupo químico das estrobilurinas consiste em compostos, como as moléculas de Azoxistrobina, Piraclostrobina e Picoxistrobina, que inibem a respiração mitocondrial das células do fungo (RODRIGUES, 2006).

Além da função primordial de combate ao patógeno, estudos indicam que alguns fungicidas podem promover alterações fisiológicas positivas nas plantas. Exemplos dessas alterações são aumentos do teor de clorofila, da assimilação de nitrogênio e da taxa fotossintética, aumentos esses que influenciam diretamente o rendimento da cultura (GLAAB; KAISER, 1999; JULIATTI et al., 2012).

Nesse contexto, o objetivo geral do presente trabalho foi analisar alterações fisiológicas causadas por fungicidas em soja infectada naturalmente por oídio. Os objetivos específicos foram: (i) analisar trocas gasosas, teor de clorofilas e fluorescência da clorofila *a* de plantas de sojas tratadas com fungicidas e infectadas naturalmente pelo fungo; (ii) avaliar as alterações fisiológicas na soja promovidas por um biofungicida em fase de teste (Biofac – fermentado de *Penicillium* sp.); e (iii) investigar as alterações fisiológicas na soja tratada com diferentes fungicidas sob o efeito do patógeno ao longo de todo o ciclo da cultura.

Esta dissertação é composta por apenas seis capítulos incluindo esta Introdução. No Capítulo 2, apresenta-se a revisão de literatura, que aborda: a caracterização e importância da soja; a descrição do fungo causador do oídio da soja, assim como as perdas e danos que ele causa à cultura; as alterações fisiológicas causadas por

fungicidas em diferentes culturas; e os fungicidas químicos comumente utilizados no combate ao oídio da soja, bem como biofungicidas alternativos. No Capítulo 3, referente ao material e métodos, descrevem-se: o local onde foi realizado o experimento; as características dos genótipos e dos equipamentos utilizados para mensurar as alterações fisiológicas; e como se deram o delineamento experimental, a coleta de dados e a análise estatística. No Capítulo 4, dos resultados e discussão, expõem-se todos os resultados encontrados no experimento, utilizando-se tabelas e figuras autoexplicativas quando necessárias e recorrendo-se a diferentes trabalhos científicos para discutir esses resultados. No Capítulo 5, concernente às considerações finais, apontam-se comentários que auxiliam em um melhor entendimento dos resultados encontrados. Por fim, no Capítulo 6, das conclusões, pontuam-se os resultados mais relevantes do presente trabalho que permitiram atingir os objetivos iniciais da pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Soja: caracterização, origem e importância

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma planta herbácea, pertencente à família Fabaceae, subfamília Faboideae, com ciclo anual variando entre 70 a 200 dias. Alcança uma altura de 60 a 120 cm, apresentando raiz principal pivotante com raízes secundárias e terciárias, folhas pecioladas com três folíolos, flores com autofecundação e vagens levemente arqueadas contendo de duas a quatro sementes lisas de coloração geralmente amarelada (MATEUS; SILVA, 2013). Trata-se de uma importante *commodity* tanto no mercado nacional quanto no mercado mundial, sendo produzida em larga escala principalmente nos Estados Unidos, no Brasil, na Argentina, na Índia e na China (HIRAKURI; LAZZAROTO, 2014).

Os primeiros relatos da origem da soja remetem à costa leste da Ásia, ao longo do rio Yangtze, na China. A soja que conhecemos hoje é muito diferente de seus ancestrais, que eram plantas rasteiras: ao se cruzarem, resultaram em uma espécie de soja selvagem que passou a ser domesticada por fazendeiros chineses. Desde então, passou a ocorrer a seleção contínua da soja por agricultores da antiga China, pois a planta consistia em um importante alimento na dieta daquela civilização (EMBRAPA, 2004b).

Estima-se que a soja vem sendo explorada no Oriente há mais de cinco mil anos (EMBRAPA, 2004b).

A oleaginosa foi introduzida no Brasil via Estados Unidos em 1882, no Estado da Bahia. Em 1914, o grão chegou ao Rio Grande do Sul, onde as variedades melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas (FREITAS, 2011). Desde então, foram realizados diversos testes de adaptação da cultura no país, sendo que, inicialmente, a soja era cultivada também como forrageira e, eventualmente, eram produzidos grãos para o consumo animal (EMBRAPA, 2004b).

Em 1941, o Brasil destacou-se pela primeira vez como produtor de soja no mercado internacional. Não obstante, foi apenas em 1960 que a cultura ganhou *status* econômico no país, tornando-se, em 1970, a principal cultura do agronegócio brasileiro. A expansão da cultura foi ocupando significativamente a região do Centro-Oeste brasileiro, sendo hoje o estado do Mato Grosso o maior destaque nacional (EMBRAPA,

2015). Também foi estabelecendo a fronteira agrícola da Mapitoba, que inclui os Estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia (FREITAS, 2011).

O Brasil é hoje o segundo maior produtor de soja do mundo, ficando atrás apenas dos EUA. Na safra de 2014/2015, o país produziu 96,24 milhões de toneladas de soja em uma área de plantio superior 30 milhões hectares (CONAB, 2015a, 2015b). Produto de maior peso na balança comercial brasileira, a *commodity* é produzida para diferentes fins, como fabricação de farelo proteico (principal componente de rações animais com vistas a produção de carne), de biodiesel (que contribui para redução de 78% na emissão de gases poluentes) e de tintas e vernizes, bem como alimentação humana (*e.g.*, óleo comestível, proteína texturizada, tofu, leite de soja e farinhas) (MAPA, 2015).

2.2 Doenças ocorrentes na soja

Como diversas outras culturas, a soja é acometida por diferentes patologias causadas por bactérias, vírus, nematoides ou fungos, resultando em doenças nas folhas, hastes, vagens, sementes e raízes (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN-FILHO, 2011; KIMATI et al., 2005). Dentre as doenças causadas por bactérias, destacam-se o crestamento bacteriano e a pústula bacteriana, que provocam consideráveis danos à cultura (LANNA-FILHO, 2015). Dentre as viroses, há a queima do broto, o mosqueado, a necrose da haste e os mosaicos cálico, comum e rugoso (SILVA et al., 2015). Os principais nematoides fitopatogênicos dessa cultura são *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus brachyurus*, *Rotylenchulus reniformis* e *Heterodera glycines* (SANTOS, 2015). Por fim, as principais doenças causadas por fungos são oídio, ferrugem asiática, mofo branco, cercosporiose, septoriose, alternariose, antracnose e fusariose (EMBRAPA, 2004a; KIMATI et al., 2005).

2.3 Oídio

Os oídios são um dos mais importantes e bem estudados grupos de fungos patogênicos de plantas. O termo “oídio” é utilizado para designar tanto a doença como o grupo de fungos Ascomycetos, da ordem Erysiphales, família Erysiphaceae. Esses fungos são caracterizados como colônias esbranquiçadas de aspecto pulverulento sobre a superfície de toda a parte aérea das plantas vivas, principalmente as folhas. São fungos

parasitas obrigatórios, altamente evoluídos e especializados, com uma amplitude de hospedeiros muito restrita, geralmente não excedendo os limites de uma única família de hospedeiros, sendo a maioria deles restrita a somente poucas espécies de um único gênero (STADNIK, 2001). Apresentam-se nas formas anamórfica, correspondente à fase assexuada, e teleomórfica, correspondente à fase sexuada. Ocorrem em todas as regiões do planeta e na maioria das culturas. Embora raramente causem a morte da planta, exaurem suas reservas nutricionais, diminuindo assim drasticamente o potencial produtivo da cultura (STADNIK; RIVERA, 2001).

2.3.1 Oídio da soja

O oídio da soja, em sua forma anamórfica, é identificado como *Oidium* sp., a qual é a forma mais comumente observada em campo e em casa de vegetação. Segundo Alexopoulos e Mims (1979), esse fungo pertence à classe Deuteromycetes, subclasse Hyphomycetidae, ordem Moniliales e família Moniliaceae.

Além da aparência esbranquiçada e pulverulenta das colônias de *Oidium* sp., os sintomas nas plantas podem incluir clorose, ilhas verdes, manchas ferruginosas, desfolha acentuada ou combinações desses sintomas, dependendo da reação do genótipo. Com o passar dos dias, a coloração branca do fungo muda para castanho-acinzentada, dando a aparência de uma cobertura de sujeira nas duas faces da folha (SARTORATO; YORINORI, 2001). Todavia, há ainda o caso em que o fungo se desenvolve abundantemente sobre as partes infectadas sem apresentar sintomas visíveis (SINCLAIR, 1999).

Quando a infecção é severa, a cobertura do micélio de *Oidium* sp. pode comprometer cerca de 50% da fotossíntese e 65% da transpiração, levando as folhas a secarem e caírem prematuramente (MIGNUCCI; CHAMBERLAIN, 1978). Essa perda nas referidas taxas não é causada pelos efeitos secundários da mortalidade das células ou da senescência, mas sim pela alteração direta da atividade metabólica induzida pelo patógeno (MAGNUCCI; BOYER, 1979).

Oidium sp. apresenta micélio hialino, septado, com paredes delgadas que penetram superficialmente no tecido do hospedeiro. Limita-se à epiderme da folha e não passa pela câmara estomática. Possui apressórios para fixação do micélio na superfície foliar e iniciação dos haustórios, os quais, por sua vez, se formam dentro das células epidérmicas, absorvendo nutrientes do hospedeiro. Os conidióforos não ramificados são

curtos e finos, formados de uma ou mais células, dando origem a uma cadeia ereta de conidiósporos. Estes apresentam uma maturação do mais distal em direção à base da cadeia e são mais ou menos cilíndricos, hialinos, unicelulares, uninucleados, vacuolados, de parede fina, contendo gotas de óleos e vários grânulos; sua dispersão dá-se principalmente pelo vento (MENEZES; OLIVEIRA, 1993; MIGNUCCI; CHAMBERLAIN, 1978; STADNIK, 2001; YORINORI, 1997a).

Sendo essa forma anamórfica a mais comumente encontrada na cultura, seu desenvolvimento micelial se dá em temperaturas entre 18 e 30° C (YORINORI, 1997a) e em umidade relativa entre 50 e 70% (AGRIOS, 2004), mas também pode ocorrer com baixa umidade relativa do ar (GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2011). Essa forma predomina no período outono/inverno, podendo a infecção ocorrer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta; porém, é mais comum nos estádios entre início de floração e enchimento pleno das vagens (YORINORI, 1997a).

O fungo, em sua forma teleomórfica, é classificado como *Erysiphe diffusa* (Cooke e Peck) U. Braun e S. Takam. Embora, inicialmente, a doença oídio tenha sido atribuída ao fungo *Erysiphe polygoni* DC. Ex. Merat, que de fato pode infectar a soja, o fungo *Erysiphe diffusa* é hoje reconhecido como principal causador da doença e possui a sinonímia *Microsphaera diffusa* Cooke e Peck (SARTORATO; YORINORI, 2001; TANAKA et al., 1993). Esse fungo pertencente à classe Ascomycetes, subclasse Hymenoascomycetidae (Pyrenomycetes), ordem Erysiphales e família Erysiphaceae (ALEXOPOULOS; MIMS, 1979).

Erysiphe diffusa apresenta gametângios diferenciados, sendo o anterídio menor que o ascogônio, e realiza a reprodução sexuada por meio de plasmogamia para, assim, formar os cleistotécios (SARTORATO; YORINORI, 2001). Estes possuem coloração que varia de branco, amarelo, rosa, marrom, castanho-escuro ou avermelhado, quando imaturos, e castanho-ferruginoso a negro, quando maduros, com um número médio de vinte apêndices micelioides com ápice simples de tamanho indefinido (MENEZES; OLIVEIRA, 1993; SINCLAIR, 1999).

Esses ascocarpos são formados em um micélio superficial, não havendo formação de estroma. Possuem vários ascos com paredes espessas que envolvem os ascósporos, ficando fixados no himênio e tendo o micélio septado, ramificado e com células geralmente uninucleadas (MENEZES; OLIVEIRA, 1993). Com a maturação dos ascos, ocorre a liberação dos ascósporos, os quais, assim como os conidiósporos, também são dispersos pelo vento (LOPEZ; RIVERA, 2001). A formação de

cleistotécios é muito rara, exigindo baixas temperaturas; no entanto, até o momento não foi relatada a sua presença na soja no Brasil (MENEZES; OLIVEIRA, 1993; SARTORATO; YORINORI, 2001).

2.3.2 Interação patógeno-hospedeiro

Quando um patógeno infecta seu hospedeiro em busca de alimento, dependendo do tipo de patógeno e do tipo de órgão ou tecido que ele parasita, podem ocorrer diferenças significativas no metabolismo da planta. Em geral, como mecanismo de defesa, a planta reage ao ataque fúngico de modo a evitar ou atrasar a penetração e/ou o próprio desenvolvimento do fungo dentro de seu organismo. Assim, a planta apresenta meios para combater o patógeno, como a formação de papilas, reações de hipersensibilidade, síntese de compostos antimicrobianos e/ou alterações metabólicas em seus tecidos (AGRIOS, 2004; ELLINGER et al., 2013; STADNIK; MAZZAFERA, 2001; TAIZ; ZEIGER, 2009). Com isso, o patógeno também passa a comprometer determinadas funções fisiológicas da planta, levando a alterações, por exemplo, na fotossíntese, transpiração, respiração, translocação de água e nutrientes, permeabilidade das membranas celulares, transcrição e tradução do material genético, bem como produção (AGRIOS, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Por se tratar de doenças foliares, a colonização do fungo sobre a superfície da folha pode causar a destruição da lâmina, ocasionando diminuição no teor de clorofila, degeneração dos cloroplastos e, conseqüentemente, alteração na taxa fotossintética. Na maioria dessas doenças, a fotossíntese das plantas infectadas é reduzida, podendo ser não mais do que um quarto da taxa normal quando em estádios avançados da doença. Porém, a transpiração, em caso de folhas parasitadas, pode aumentar, devido ao resultado da destruição da cutícula da epiderme, alterando a permeabilidade das células foliares e desencadeando disfunção estomática (AGRIOS, 2004), ou até mesmo diminuir, devido à cobertura dos estômatos pelo micélio (MIGNUCCI; CHAMBERLAIN, 1978).

Em relação ao oídio da soja, quando um conídio ou um ascósporo, disperso pelo vento, cai sobre seu hospedeiro, ele, em meio a condições favoráveis, germina, dando início à formação do micélio. Primeiramente, formam-se os apressórios para o micélio fixar-se sobre o substrato; em seguida, formam-se os haustórios, que penetram nas células epidérmicas do hospedeiro em busca de nutrientes, os quais podem ser drenados

até mesmo de tecidos distantes não infectados (GOTZ; BOYLE, 1998; STADNIK, 2001; STADNIK; MAZZAFERA, 2001).

O processo de germinação, infecção e reprodução foi estudado minuciosamente por Mignucci e Chamberlain (1978), segundo os quais a germinação ocorreu cerca de três horas após a inoculação. Em oito horas, o fungo penetrou na cutícula e formou haustórios nas células epidérmicas, não infectando as células do mesófilo e não penetrando na câmara estomática. A formação dos conídios iniciou-se cerca de 108 horas após a inoculação e, em 144 horas, já havia de três a cinco conídios nos conidióforos.

2.3.3 Níveis de danos do oídio da soja

Os níveis de danos causados pelo oídio da soja vêm sendo diferentes, dependendo da localidade e do clima da região de cultivo, do manejo da doença e dos genótipos utilizados. Os primeiros relatos de perdas na produção datam de 1972 e 1973 na Geórgia, Estados Unidos, bem como de 1975 em Iowa, quando houve ocorrência generalizada da doença e perdas econômicas significativas (SARTORATO; YORINORI, 2001). Consoante Gazzoni e Yorinori (1995) e Agrios (2004), quando severamente atingidas pela doença, as lavouras de soja podem apresentar perdas de rendimento estimadas entre 30 e 40%.

O primeiro ano de epidemia do oídio no Brasil ocorreu nas safras 1996/1997, quando atingiu áreas de produção de soja do Cerrado central ao Rio Grande do Sul, ocasionando perdas médias entre 15 e 20%, com extremos de 50 a 60% (YORINORI, 1997b). Desde então, as alterações no clima nas safras subsequentes, com predominância de estiagens e altas temperaturas, fizeram com que a região Sul e o Cerrado acima de 800 m sofressem com maiores severidades da doença (SARTORATO; YORINORI, 2001). Em estudo mais recente, Igarashi et al. (2010) também observaram perdas de produtividade variando entre 26 e 50%.

2.3.4 Controle – fungicidas

O método mais eficiente para o controle do oídio é o uso de genótipos resistentes (YORINORI, 1997a). Contudo, a frequente ocorrência do patógeno, que causa graves epidemias, geralmente é a causa da adoção de medidas de controle que produzem

resultados rápidos e eficientes, como a aplicação de fungicidas. Apesar de a importância dos métodos alternativos de controle estar aumentando ante as pressões por produtos com menores quantidades de resíduos e por redução da contaminação do meio ambiente, a aplicação de fungicidas, associada ou não a outras medidas, ainda consiste em um dos principais métodos de controle de oídios (GHINI, 2001).

A aplicação de fungicidas no combate ao oídio da soja deve ser feita com base na história periódica da lavoura e no nível de infecção do patógeno. O tratamento muito antecipado pode exigir mais de uma aplicação, tornando antieconômico o controle; e o tratamento tardio pode não ser capaz de controlar a doença. A aplicação deve ser realizada quando o nível de severidade alcançar entre 40 e 50% da área foliar; porém, se esse nível de severidade não ocorrer até as plantas atingirem o completo enchimento das vagens, a aplicação deve ser suspensa para evitar perdas econômicas com aplicações desnecessárias (IGARASHI et al., 2010; YORINORI, 1997a).

2.3.4.1 Efeitos fisiológicos causados por fungicidas

Os fungicidas apresentam-se, em modo de ação, como preventivos, curativos ou erradicantes e, em modo de distribuição, como protetores, sistêmicos ou translaminares. Além disso, são classificados de acordo com o grupo químico ao qual pertencem.

Até pouco tempo atrás, os fungicidas tinham como foco o controle do patógeno visando exclusivamente à redução do inóculo ou da taxa de progresso da doença. Entretanto, com a evolução dos grupos de produtos químicos, o conceito de controle ganhou novas perspectivas, pois alguns fungicidas passaram a promover efeitos fisiológicos positivos sobre as plantas (JULIATTI et al., 2012).

Izumi et al. (1984) constataram que a aplicação de fungicidas do grupo dos triazóis em arroz promove a redução na taxa de transpiração, aumento de deposição de cera na cutícula das folhas e, conseqüentemente, aumento na produção final. Biggs (1990) também observou que flusilazole induz aumento na taxa de transpiração de macieiras, pois provoca certo ajuste osmótico nos estômatos, associado com aumento na concentração de potássio nas células-guarda.

Outros compostos, também derivados de triazol, atuam na regulação hormonal das plantas, tendo como principal efeito a inibição da giberelina. Rodrigues et al. (1998) perceberam que essa propriedade aumenta a resistência das plantas por reduzir-lhes o tamanho, tornando-as mais compactas e menos propensas a estresses diversos. Além

disso, ocorre a indução da produção de citocinina, e os efeitos podem ser visualizados pela coloração verde-escuro das folhas, metabolicamente mais ativas, com altas concentrações de clorofilas e carotenoides. Fletcher et al. (2000) apontaram que, em algumas espécies, a aplicação de triazóis retarda a senescência, atuando na síntese de etileno e de citocinina. Por sua vez, Berova e Zlatev (2000) constataram que paclobutrazol promove alterações morfológicas em plantas de tomate, como redução na altura da planta, engrossamento do caule e antecipação na produção de frutos.

Outro grupo químico de fungicidas com o qual estudos já constataram diferentes efeitos fisiológicos é o das estrobilurinas. A aplicação de estrobilurinas pode manter ou aumentar a quantidade de citocininas e reduzir a produção de etileno, desacelerando assim o envelhecimento das plantas (GROSSMANN; RETZLAFF, 1997). Em estudo realizado com trigo, Habermeyer, Gerhard e Zinkernagel (1998) verificaram que as estrobilurinas Cresoxim-metílico e Azoxistrobina reduziram significativamente a produção de etileno na folha bandeira, retardando a senescência e necrose da área foliar. Os autores também presenciaram significativas alterações na regulação estomática, permitindo que as plantas se adaptassem melhor a estresses ambientais e, conseqüentemente, resultando em incremento de produtividade final. Bertelsen, de Neergaard e Smedegaard-Petersen (2001) e Dardis e Walsh (2002) igualmente demonstraram que Azoxistrobina reduz a senescência da planta do trigo, mantendo verde a área foliar. Giuliani et al. (2011) observaram que a aplicação de Azoxistrobina promoveu melhor eficiência no uso da água e maior produtividade em plantas de tomate isentas de doenças e sob estresse hídrico. Por sua vez, Jadoski (2012) comprovou que plantas de feijão sob estresse hídrico, quando tratadas com Piraclostrobina, apresentaram maiores médias de fotossíntese, resultando em maior produtividade de grãos.

Outros grupos químicos de fungicidas para os quais já foram relatados efeitos fisiológicos positivos em plantas encontram-se no estudo de Saladin, Magné e Clément (2003). Os autores observaram que a eficiência em carboxilação da videira aumenta com o uso de fungicidas do tipo Fludioxonil (fenilpirrol) e Pirimetanil (anilino piridina) no combate contra *Botrytis cinerea*, aumentando assim também a velocidade nas respostas de defesa.

2.3.4.2 Grupos de fungicidas

Os fungicidas são classificados de acordo com o grupo químico ao qual pertencem. Especificamente para a soja, há diversos fungicidas registrados no âmbito nacional, envolvendo diferentes grupos químicos (FRAC, 2016).

2.3.4.2.1 Grupo dos benzimidazóis

O grupo químico dos benzimidazóis pertence ao grupo dos fungicidas MBC (metil-benzimidazol-carbamato) e tem a função de inibir a divisão celular na mitose do fungo, impedindo a ocorrência da biossíntese de tubulina, estrutura integrante dos microtúbulos. Como qualquer interferência nesse processo pode causar a morte da célula, combatendo assim o patógeno, esse grupo apresenta um amplo espectro antifúngico. A atividade fungicida dos benzimidazóis tem uma forte dependência do pH do meio em que se encontram, sendo que, com valores baixos de pH, a eficiência tende a ser menor (RODRIGUES, 2006).

Carbendazim, cujo nome químico é metil-2-benzimidazol-carbamato, é um importante representante do grupo dos benzimidazóis. Trata-se de um fungicida sistêmico com ação curativa e protetora que inibe o desenvolvimento dos microtúbulos na mitose, pois possui alta afinidade pelas tubulinas, polimerizando-as e causando, assim, a destruição da mitose na metáfase. Desse modo, atua inibindo o desenvolvimento do tubo germinativo, a formação do apressório e, conseqüentemente, o crescimento micelial (KUS; ALTANLAR, 2003). É comumente utilizado para aplicação foliar nas culturas de citros, feijão, soja e trigo e para aplicação em sementes de algodão, feijão e soja (AGROFIT, 2015).

2.3.4.2.2 Grupo das estrobilurinas

As estrobilurinas são compostos que inibem a respiração mitocondrial das células do fungo pelo bloqueio da transferência de elétrons do complexo citocromo III (citocromo *bc*), ligando-se ao sítio Q_0 do citocromo *b* e impedindo o transporte de elétrons para o citocromo *c*, o que leva o patógeno a uma deficiência de energia devido à falta de ATP. Por esse motivo, o grupo também é denominado de Inibidores de Q_0 (Q_0 I, “ Q_0 Inhibitors”) (GHINI, 2001).

As moléculas desse grupo atuam inibindo a germinação de esporos e apresentam uma ação curativa e erradicante, inibindo o desenvolvimento dos fungos nos estádios iniciais e de pós-germinação. São absorvidas pelas folhas de forma gradual e constante, conferindo uma proteção na superfície por tempo mais prolongado e difundindo-se pela folha (RODRIGUES, 2006).

Além dessa função primordial de combate ao patógeno, estudos indicam que a aplicação de estrobilurinas nas plantas promove alterações fisiológicas positivas, como aumentos do teor de clorofila, da assimilação de nitrogênio e da taxa fotossintética, juntamente com diminuição da síntese de etileno, da abertura dos estômatos e do consumo de água. Além disso, a aplicação contribui para a defesa contra estresses bióticos e abióticos, que afetam diretamente o rendimento da cultura (GLAAB; KAISER, 1999).

Azoxistrobina é um representante do grupo das estrobilurinas de amplo espectro que controla os principais fitopatógenos de diferentes grupos taxonômicos. O composto inibe a germinação de conídios e demonstra efeito protetor e curativo (GHINI, 2001). Dentre os patógenos combatidos, destacam-se: *Ramularia areola* em algodão; *Pyricularia oryzae* e *Bipolaris oryzae* em arroz; *Puccinia*, *Drechslera*, *Bipolaris sorokiniana* em cereais de inverno; *Mycosphaerella musicola* em banana; *Phakopsora pachyrhizi*, *Cercospora kikuchii*, *Septoria glycines* e *Erysiphe diffusa* em soja; *Alternaria solani* em batata; *Alternaria solani* e *Septoria lycopersici* em tomate; *Uromyces phaseoli*, *Phaeoisariopsis griseola* e *Colletotrichum lindemuthianum* em feijão; *Alternaria porri* em alho e cebola; *Cercospora beticola* em beterraba; *Mycosphaerella fragariae* em morango; *Pseudoperonospora cubensis* em cucurbitáceas; e *Colletotrichum gloeosporioides* em pimentão. Também é utilizada no controle de diferentes doenças em alcachofra, aspargos, canola, cenoura, citros, vegetais de folha, milho, manga, ornamentais, frutas de caroço, amendoim, vegetais de bulbo, vegetais de raízes e tubérculos. Sua aplicação pode ser via foliar e/ou pós-colheita em grãos (ANDREI, 2013; EMBRAPA, 2004a).

Outro representante do grupo das estrobilurinas é Picoxistrobina. É utilizada para o controle de: *Venturia inaequalis* em maçã; *Puccinia*, *Pyrenophora*, *Helminthosporium*, *Microdochium nivale*, *Blumeria graminis*, *Rhynchosporium secalis*, *Septoria nodorum* e *Septoria tritici* em cereais de inverno; e *Cercospora kikuchii*, *Septoria glycines*, *Phakopsora pachyrhizi* e *Erysiphe diffusa* em soja (ANDREI, 2013; RODRIGUES, 2009).

2.3.4.2.3 Grupo dos fungicidas biológicos

A prática do controle biológico vem crescendo a cada dia na agricultura, pois consiste em uma alternativa ao controle químico e promove, como vantagens, a ausência de resíduos nos alimentos e no meio ambiente, a redução da exposição dos trabalhadores a agrotóxicos e o baixo risco de desenvolvimento de resistência pelos patógenos. Nesse tipo de controle, podem ser utilizados micro-organismos, insetos, plantas ou até mesmo animais que contribuam de alguma forma para o controle de patógenos ou pragas. No caso da utilização de micro-organismos, o controle ocorre como o resultado da interação entre hospedeiro, patógeno e uma variedade de micro-organismo não patogênico ao hospedeiro que interage com potencial para limitar a atividade do patógeno ou induzir resistência no hospedeiro (BETTIOL; GHINI, 1995).

Como exemplos de agentes de biocontrole estão *Bacillus subtilis*, *Clonostachys rosea* e *Trichoderma* spp., utilizados em diferentes culturas para o controle de patógenos como *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Macrophomina*, *Botrytis* e *Crinipellis* (BETTIOL, 2011; BETTIOL et al., 2012; MORANDI; BETTIOL, 2009). Outro agente biológico que vem sendo estudado é o *Penicillium* spp., que tem demonstrado relativo sucesso no controle de mancha branca no milho. Nesse caso, utilizam-se como composto os metabólitos resultantes de sua fermentação (JULIATI et al., 2012).

2.4 Aquecimento global e o efeito das mudanças climáticas sobre a soja e o oídio

As mudanças climáticas ocasionadas pelo aquecimento global constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações nas próprias culturas, patógenos, pragas e/ou polinizadores. A agricultura, dentre todos os setores econômicos, é a que apresenta maior dependência em relação às condições ambientais, especialmente as climáticas, e essas alterações podem representar graves consequências econômicas, sociais e ambientais (GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2011; HAMADA; GHINI; GONÇALVES, 2006).

A temperatura média da superfície do planeta tem aumentado cerca de 0,2° C por década nos últimos trinta anos (HANSEN et al., 2006). Esse fato está ocorrendo devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, promovido principalmente pelo uso de combustíveis fósseis, alteração do uso da terra e

desmatamento, dentre outras atividades humanas. Além disso, estão sendo observadas também alterações no ciclo da água, perturbações nas correntes marítimas, retração das geleiras e elevação do nível dos oceanos (GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2011).

Com esse cenário, as pesquisas precisam se preparar em relação à adaptação dos sistemas de cultivos e de novas variedades de culturas mais tolerantes às altas temperaturas e mais resistentes à seca ou até mesmo ao excesso de precipitações, dependendo da região de plantio afetada pela mudança climática (PELLEGRINO; ASSAD; MARIN, 2007). A razão disso é que estudos têm mostrado que ocorrerá drástica retração na produção de diversas culturas no planeta, inclusive da soja, seja por falta de adaptação às futuras condições climáticas ou por decréscimo de áreas agricultáveis (NOBRE et al., 2004; PELLEGRINO; ASSAD; MARIN, 2007; SIQUEIRA et al., 2001).

Outra condição alarmante que essas mudanças provocarão será o grande aumento dos oídios, pois o aumento da temperatura favorece de maneira significativa esses patógenos. Estima-se que, em 2071-2100, o oídio encontre condições mais propícias para seu desenvolvimento e, em todas as regiões, em pelo menos cinco a seis meses do ano, a doença terá maior incidência/severidade do que a atualmente observada. Sabe-se que os oídios não representam grande importância na agricultura atual, mas poderão causar danos consideráveis futuramente, pois, além de as condições climáticas os favorecerem, poderão surgir novas raças ou mesmo subespécies mais adaptadas ao novo cenário (GHINI; HAMADA; BETTIOL, 2011). Mesmo os oídios sendo um dos grupos de fungos parasitas mais bem estudados do planeta até o momento (STADNIK, 2001), cabem ainda muitas pesquisas relacionadas a ele, para concretizar seu combate efetivo e assim evitar possíveis danos consideráveis na agricultura.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local, clima e época

O experimento foi realizado em casa de vegetação com cobertura de plástico localizada na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no Município de Uberlândia/MG, nas coordenadas 18°53'01" S e 48°15'42" O, a 833 m de altitude. O clima da região é classificado como tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco (KÖPPEN, 1948). A execução do experimento ocorreu entre 20 de fevereiro de 2015 (semeadura) e 10 de junho de 2015 (colheita), no período entre o verão e o outono.

3.2 Genótipos

Os genótipos utilizados foram Anta 8500 RR e BRS Santa Cruz RR. Ambos são caracterizados como precoces, com ciclo produtivo em torno de 110 dias, e classificados como suscetíveis ao oídio.

3.3 Substrato

Para a preparação do substrato, utilizaram-se areia, solo de barranco e substrato comercial à base de fibras, farelos e tortas de origem vegetal, na proporção 1:1:1. Adicionou-se calcário dolomítico em dose equivalente a 2.000 kg ha⁻¹ (5 g pote⁻¹). Esse substrato foi utilizado para a produção das mudas em bandejas de isopor e para a condução do experimento em vasos de 5 L.

3.4 Semeadura e transplântio

A semeadura dos genótipos foi realizada em bandejas de isopor com células para selecionar mudas mais vigorosas para serem transplantadas aos vasos. Cinco dias após a semeadura (DAS), foi transferida uma plântula vigorosa para cada vaso.

3.5 Adubação e irrigação

Após o transplântio, foi feita a aplicação de 300 mL da solução de Hoagland e Arnon (1950). As plantas foram então irrigadas diariamente uma ou duas vezes ao dia, dependendo da necessidade.

3.6 Patógeno

O oídio (*Erysiphe diffusa*) ocorreu naturalmente nas parcelas experimentais na casa de vegetação, sendo detectado 15 DAS.

3.7 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC) com seis repetições em esquema fatorial 2x5, sendo dois genótipos e cinco tratamentos, totalizando 60 parcelas. Cada parcela experimental era composta por um vaso com uma planta.

Os tratamentos consistiram no uso de fungicidas com adjuvante e de uma Testemunha sem aplicação de fungicidas (TAB. 1).

TABELA 1. Tratamentos aplicados aos genótipos de soja, Uberlândia/MG, 2015.

Tratamentos	Grupos químicos	Doses	Adjuvantes
Azoxistrobina	Estrobilurina	1 mL L ⁻¹	Nimbus (5 mL L ⁻¹)
Biofac	Biológico	10 mL L ⁻¹	Break-Thru (2 mL L ⁻¹)
Carbendazim	Benzimidazol	2,5 mL L ⁻¹	Nimbus (5 mL L ⁻¹)
Picoxistrobina	Estrobilurina	1 mL L ⁻¹	Nimbus (5 mL L ⁻¹)
Testemunha	-	-	-

Fonte: autoria própria.

O tratamento denominado Biofac é um composto originado da fermentação do fungo *Penicillium* sp. Trata-se de um biofungicida que está sendo avaliado com relação à sua capacidade de combater fitopatógenos necrotróficos e biotróficos como fungicida protetor de origem biológica. A patente está com processo em andamento para ser depositada no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Industrial) pela Agência Intellecto (Diretoria de Inovação e Transferência de Tecnologia) da UFU.

As pulverizações dos fungicidas foram realizadas em algum momento no período entre as 18h e as 20h para evitar fitotoxidez dos produtos sobre as folhas sob a luz solar e para reduzir a deriva dos produtos pelo vento. Foi utilizado pulverizador costal com injeção de CO₂, com barra de quatro pontas do tipo plano 110.02, espaçadas 50 cm entre si. Manteve-se uma pressão constante de 60 libras por polegada quadrada (4 bar).

Foram realizadas três aplicações ao todo. A primeira aplicação foi feita aos 26 DAS, no estádio V1. A segunda, aos 47 DAS, no estádio V8, um dia anterior ao estádio R1. A terceira, aos 68 DAS, nos estádios R3 e R4, com vagens em desenvolvimento ou completamente desenvolvidas.

3.8 Coleta de dados

A coleta de dados iniciou-se dois dias após a primeira aplicação e foi executada duas vezes por semana. As aplicações delimitaram três períodos de coleta de dados ao longo de todo o período experimental.

O primeiro período iniciou-se dois dias após a primeira aplicação e estendeu-se até a manhã do dia da segunda aplicação, que foi realizada à noite. Esse primeiro período foi estabelecido entre 28 e 47 DAS (FIG. 1), com coletas de dados realizadas duas vezes por semana e referentes ao efeito de apenas uma aplicação. O segundo período iniciou-se dois dias após segunda aplicação e estendeu-se até a manhã do dia da terceira aplicação, que foi realizada à noite. Esse segundo período foi estabelecido entre 49 e 68 DAS, com coletas de dados realizadas duas vezes por semana e referentes ao efeito de duas aplicações. O terceiro período iniciou-se dois dias após a terceira aplicação e estendeu-se pelos 24 dias subsequentes. Esse terceiro período foi estabelecido entre 70 e 94 DAS, com coletas de dados realizadas duas vezes por semana e referentes ao efeito de três aplicações.

A coleta de dados cessou 24 dias após a última aplicação devido à senescência natural da planta, que compromete a avaliação das atividades fisiológicas.

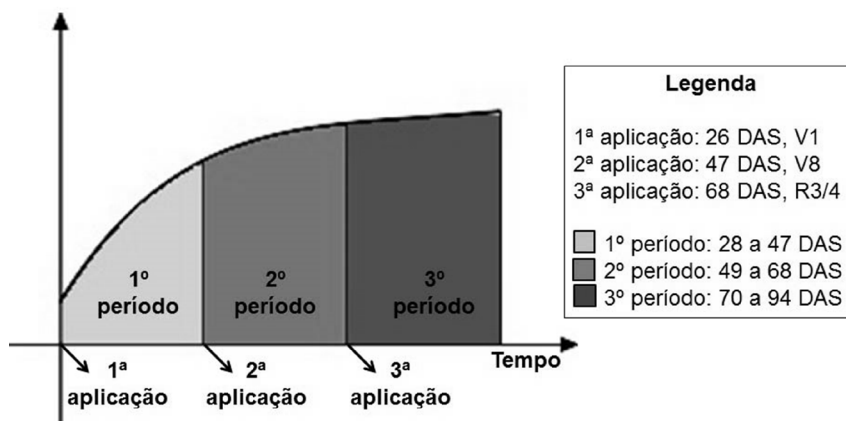


FIGURA 1. Períodos de coleta de dados delimitados pelas respectivas aplicações, Uberlândia/MG, 2015.

Fonte: autoria própria.

3.9 Avaliações

Todas as coletas de dados foram realizadas entre as 8h e as 12h da manhã em dias ensolarados. Inicialmente, as avaliações foram realizadas no primeiro trifólio. Porém, houve a necessidade de fazer a mudança de folhas com o crescimento da planta, a fim de coletar os dados sempre em seu terço médio. Dessa forma, foram utilizados do primeiro ao quinto trifólio, de acordo com a altura que a planta alcançava ao longo do tempo. Sempre era utilizada a mesma folha para a coleta de dados com todos os equipamentos.

A escolha dessa região da planta baseia-se em Casaroli et al. (2007) e Jiang et al. (2006), que relatam que o aumento gradativo da atividade fotossintética do dossel vegetativo da soja está relacionado com o desenvolvimento e expansão foliar, sendo que é no terço médio que estão localizadas as folhas expandidas, mas não senescentes. Stadnik (2001) e Lopez e Rivera (2001) também destacam que, quando o oídio se manifesta precocemente na fase vegetativa da planta, sua colonização tem predominância nas folhas do baixeiro e do terço médio.

As subseções a seguir apresentam as variáveis analisadas neste estudo pelos diferentes equipamentos.

3.9.1 Trocas Gasosas

Para a mensuração das trocas gasosas, foi utilizado um medidor de trocas gasosas por infravermelho (IRGA – *Infrared Gas Analyzer*), modelo LCpro-SD, da marca ADC BioScientific Ltda[®]. Esse aparelho pertence ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal (LAEVE) do Instituto de Biologia (Inbio) da UFU.

O equipamento é suprido por ar externo para referência de CO₂ e H₂O atmosféricos e, durante as medições, utilizou-se um canhão de luz artificial, que foi configurado em 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de radiação fotossinteticamente ativa. Ele contém uma câmara onde é colocada a folha para analisar a mudança na concentração de CO₂ e H₂O circulante. Desse modo, o aparelho estima, conforme equações matemáticas predefinidas nele próprio, a taxa fotossintética ou taxa de assimilação de carbono (A, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$), a taxa de transpiração (E, $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$), a condutância estomática (gs, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$) e o carbono interno (ci, $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$). Com esses dados, foram calculadas a eficiência instantânea no uso da água (A/E), a eficiência intrínseca no uso da água (A/g_s) e a eficiência em carboxilação (A/ci).

No momento da coleta, mantinha-se a câmara fechada até a estabilização do aparelho, isto é, até a identificação de que não havia mais moléculas de CO₂ circulantes. Abria-se a câmara, colocava-se a folha dentro dela, fechava-se a câmara e aguardava-se de um a dois minutos até que os referidos dados se estabilizassem. Após a estabilização, colhiam-se três registros, e o valor obtido por determinada folha correspondia à média desses três registros.

3.9.2 Teor de clorofilas

Utilizou-se o medidor eletrônico de teor de clorofilas ClorofiLog Falker[®], pertencente ao LAEVE–Inbio–UFU. O equipamento realiza medidas do teor de clorofilas com base no Índice de Clorofila Falker (ICF), calculado a partir da absorção de luz em comprimentos de onda característicos da clorofila. Ele mede a quantidade de radiação transmitida através das folhas, de forma óptica, em três diferentes comprimentos de onda (dois na faixa do vermelho, próximos aos picos de absorção da clorofila, e um na faixa do infravermelho). A combinação desses valores de transmitâncias nesses três comprimentos de onda gera o referido índice (FALKER, 2011).

O aparelho possui uma pequena câmara onde a folha é encaixada para a coleta do dado. Porém, ele faz a leitura de apenas uma pequena parte da folha. Assim, para obter maior segurança nas avaliações, em vez de se fazer apenas uma única medição em cada folha, realizaram-se cinco medições em cinco pontos diferentes da folha. Feito isso, calculou-se a média entre esses pontos. Essa média, por sua vez, representava apenas uma folha.

3.9.3 Fluorescência da clorofila *a*

A coleta de dados para a fluorescência da clorofila *a* foi conduzida com um medidor de fluorescência modulada, modelo MINI-PAM, da marca Walz[®], configurado com um pulso de luz saturante, pertencente ao LAEVE–Inbio–UFU. As análises foram realizadas com amostras adaptadas ao escuro e à luz.

Para as amostras adaptadas ao escuro, foram utilizadas minicâmaras em formato de presilhas nas folhas, para deixar essas folhas no escuro por no mínimo trinta minutos (LARCHER; CERNUSCA, 1985). Passado esse tempo, acoplava-se o cabo de fibra óptica à minicâmara, cuja porta era aberta para emitir uma luz saturante na folha. Assim, o aparelho calculava o rendimento quântico potencial ($F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$) (GENTY; BRIANTAIS; BAKER, 1989). Esse dado é calculado por meio da fluorescência variável (F_v) e da fluorescência máxima (F_m) emitidas pela clorofila *a* quando a folha é previamente adaptada ao escuro, conforme equações matemáticas predefinidas no próprio equipamento. No caso, a fluorescência variável (F_v) é a diferença entre a fluorescência máxima (F_m) e a inicial (F_0) emitidas pela clorofila *a* da amostra adaptada ao escuro.

Para as amostras adaptadas à luz, foi utilizada a câmara Holder 2030-B do próprio aparelho. A folha era encaixada na câmara, emitia-se uma luz saturante, e o equipamento calculava o rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m' = F_m' - F/F_m'$) (GENTY; BRIANTAIS; BAKER, 1989). Esse dado é calculado por meio da fluorescência variável (ΔF) e da fluorescência máxima (F_m') emitidas pela clorofila *a* quando a folha está recebendo radiação fotossinteticamente ativa, conforme equações matemáticas predefinidas no próprio equipamento. No caso, a fluorescência variável (ΔF) é a diferença entre a fluorescência máxima (F_m') e a inicial (F) emitidas pela clorofila *a* da amostra adaptada à luz.

3.9.4 Severidade

A severidade do oídio foi estimada por meio da escala diagramática proposta por Polizel e Juliatti (2010) (Anexo A). Essa escala quantifica a severidade do oídio da soja por meio de porcentagem de área colonizada pelo fungo.

3.9.5 Produção

Para estimar a produção de massa seca de grãos, realizou-se o método da estufa com ventilação forçada de ar a 65° C até peso constante. As Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) estabelecem que a secagem de sementes deve ser feita a uma temperatura de 105 ± 3° C. Entretanto, devido à falta de equipamentos equivalentes àqueles determinados nas referidas regras, optou-se por secar os grãos a uma temperatura mais baixa, o que implicou alguns dias a mais para se alcançar peso constante.

3.10 Área abaixo da curva de progressão (AACP)

Para todas as variáveis analisadas foi calculada a área abaixo da curva de progressão (AACP) de todo o período experimental e de cada período isoladamente, isto é, de cada período de avaliação após cada aplicação dos tratamentos. A única exceção correspondeu aos dados de produção de massa seca de grãos.

A AACP é um procedimento que sumariza em um único valor (área) determinado conjunto de dados e possibilita a comparação de tratamentos durante determinado período. Permite, desse modo, identificar uma tendência de resposta, sendo calculada pelo método da integração trapezoidal segundo a expressão descrita por Campbell e Madden (1990):

$$AACP = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} (t_{i+1} - t_i)$$

em que: n = número de avaliações; y_i e y_{i+1} = valores da variável analisada observados em duas avaliações consecutivas; e $(t_{i+1} - t_i)$ = intervalo entre duas avaliações (dias).

3.11 Coeficiente de correlação linear de Pearson

Calculou-se o coeficiente de correlação linear de Pearson (PEARSON, 1896) entre a severidade da doença e a massa seca de grãos de todos os tratamentos de ambos os genótipos. Para tal, utilizaram-se as AACPs da severidade de todo o período experimental e de cada período isoladamente. O coeficiente foi calculado com o auxílio do *software* estatístico IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

3.12 Análise estatística

Os dados da massa seca de grãos e das AACPs de todas as variáveis foram inicialmente submetidos às pressuposições do modelo de análise de variância (ANOVA), isto é, homogeneidade das variâncias (teste de Levene), normalidade de resíduos (teste de Kolmogorov-Smirnov) e aditividade de blocos (teste de Tukey) (Anexo B), com o auxílio do *software* estatístico IBM SPSS Statistics 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). Todos os dados atenderam às pressuposições ($p > 0,01$) sem a necessidade de transformação. Com o auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2000), foram então realizados testes de médias (Tukey, $p < 0,05$) para os resultados de cada período isoladamente, para os resultados em parcelas subdivididas no tempo (períodos) e para os resultados finais (análise geral) das AACPs (FIG. 2), bem como para os dados da massa seca de grãos. Os gráficos foram elaborados com o auxílio do *software* Sigma Plot (Systat Inc. Chicago, IL, EUA).

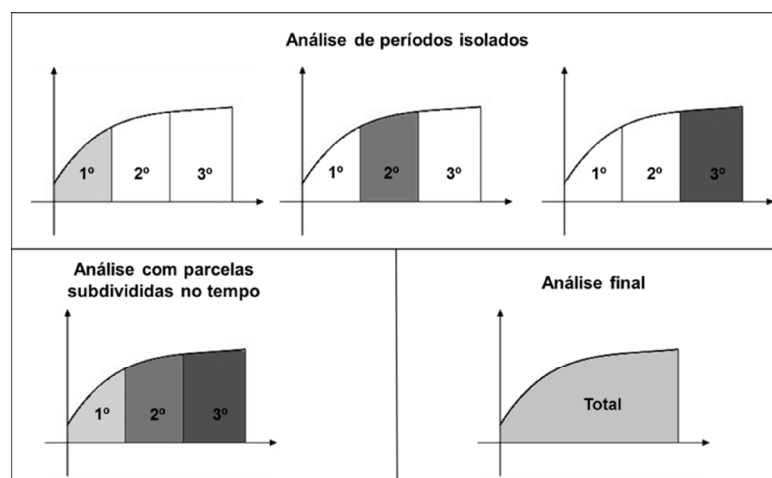


FIGURA 2. Esquema das análises estatísticas para os resultados de cada período isoladamente, para os resultados em parcelas subdivididas no tempo (períodos) e para os resultados finais (análise geral) das AACPs das variáveis analisadas, Uberlândia/MG, 2015.

Fonte: autoria própria.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis analisadas são aqui apresentados por meio de suas áreas abaixo da curva de progressão (AACPs). Suas respectivas análises de variância (ANOVA) e as médias dos valores reais estão devidamente demonstradas em seus correspondentes anexos. Além disso, as variáveis de rendimentos quânticos potencial e efetivo e de severidade estão com as médias dos valores reais plotados também em seus próprios gráficos.

4.1 Trocas gasosas

4.1.1 Taxa fotossintética ou taxa de assimilação de carbono (A)

Os valores das AACPs da taxa fotossintética (AACP_A) não apresentaram interação entre os fatores genótipo e tratamento para quaisquer dos três períodos avaliados (primeira, segunda e terceira aplicação dos fungicidas) (p=0,1752; p=0,1814; p=0,2132) (Anexo C). No primeiro e terceiro períodos, não foram detectadas diferenças nas AACP_A entre os genótipos nem entre os tratamentos. No entanto, no segundo período (entre 49 e 68 DAS), o genótipo Anta 8500 RR apresentou AACP_A aproximadamente 9% superior ao genótipo BRS Santa Cruz RR; e, dentre os tratamentos, Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina apresentaram AACP_A cerca de 24, 27 e 27% superiores à da Testemunha, respectivamente (TAB. 2).

TABELA 2. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta 232,2A	187,7b	238,2a	233,1a	215,3ab	238,2 ^a
S.Cruz 212,8B					

CV (%) = 14,52

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).
Fonte: autoria própria.

Esses dados corroboram o trabalho de Fagan et al. (2010), que relataram aumento da taxa fotossintética de soja em experimento em campo com uso de estrobilurina Piraclostrobina. Os autores realizaram duas aplicações e constataram que o efeito do fungicida é imediato e, em torno de três horas após a aplicação, foi observado um acréscimo significativo de 10% na taxa fotossintética. Essa diferença foi mais acentuada sete dias após a aplicação, com um incremento de 56%. Maior taxa de assimilação de carbono também foi apontada em Dourado Neto, Fagan e Martins (2011), que fizeram apenas uma aplicação de Piraclostrobina em soja em campo e observaram esse acréscimo entre sete e dez dias após a aplicação.

No presente trabalho, um acréscimo significativo na taxa de assimilação de carbono foi observado apenas após a segunda aplicação (segundo período), entre 49 e 68 dias após a semeadura. Vale ressaltar que Fagan et al. (2010) e Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) utilizaram em seus respectivos experimentos Piraclostrobina, enquanto, no presente estudo, foram aplicadas Azoxistrobina e Picoxistrobina. Embora se trate do mesmo grupo químico, as três moléculas de estrobilurinas apresentam suas devidas particularidades, pois Azoxistrobina e Picoxistrobina contêm o grupo metoxiacrilato, enquanto Piraclostrobina contém metoxicarbamato (RODRIGUES, 2006). Tais composições químicas poderiam ser uma explicação para essa diferença no tempo de detecção do aumento da taxa fotossintética nos três trabalhos.

Outra hipótese seria o observado em Godwin et al. (1999), que, estudando efeitos fisiológicos de estrobilurinas em trigo, verificaram que Piraclostrobina se movimenta mais lentamente nos tecidos da planta que Azoxistrobina e Picoxistrobina. Godwin et al. (2000), trabalhando com estrobilurinas em cereais, constataram que Azoxistrobina se locomove para regiões onde há folhas jovens. Lembrando que a coleta de dados do presente trabalho foi realizada no terço médio das plantas, onde há folhas totalmente expandidas e não senescentes, uma rápida locomoção dos fungicidas utilizados no presente experimento (Azoxistrobina e Picoxistrobina) pode ter ocasionado maior dificuldade para detectar o aumento da taxa fotossintética em tão pouco tempo como ocorrido com o uso de Piraclostrobina em Fagan et al. (2010) e em Dourado Neto, Fagan e Martins (2011).

Rodrigues (2009) também observou aumento na taxa fotossintética de soja em experimento em campo com duas aplicações de Piraclostrobina. Porém, o autor avaliou a referida taxa apenas três horas após a aplicação do fungicida e no primeiro, terceiro e sétimo dias subsequentes – diferentemente das avaliações aqui executadas, que foram

até o fim do ciclo da cultura. Assim, não foi possível observar o prolongamento desse efeito por mais dias em seu experimento. Macedo (2012) também detectou maior taxa de assimilação de carbono em melão tratado com estrobilurina. O autor utilizou Azoxistrobina em melão em ambiente protegido, aplicando-a a cada sete dias a partir de 15 DAS, e observou acréscimo na referida taxa cerca de 85 DAS. Mesmo o autor tendo realizado um número muito maior de aplicações que o presente trabalho, ele também observou maior taxa fotossintética somente após um longo período utilizando Azoxistrobina.

Divergindo dos resultados do presente trabalho, Nason, Farrar e Bartlett (2007), estudando a aplicação de estrobilurinas (Cresoxim-metílico, Piraclostrobina, Azoxistrobina, Trifloxistrobina e Picoxistrobina), observaram diminuição na taxa de assimilação de carbono em trigo, cevada e soja. Segundo os autores, uma possível explicação para esse fato é a redução da produção de ATP da planta, provocada pelo bloqueio do transporte de elétrons no complexo do citocromo III (citocromo *bc*). Esse bloqueio prejudicou o funcionamento normal do metabolismo nas células-guarda, reduzindo-lhes o turgor e, conseqüentemente, a abertura estomática, o que dificulta a captação de CO₂.

Estudos demonstram que as estrobilurinas inibem a respiração mitocondrial das células do patógeno pelo bloqueio da transferência de elétrons no complexo citocromo III da mitocôndria, prejudicando assim a formação de ATP (BARTLETT et al., 2001, 2002; FERNÁNDEZ-ORTUÑO et al., 2010; GHINI, 2001; RODRIGUES, 2006). Pelo fato de o complexo III estar presente em todos os eucariontes, ao menos uma inibição parcial no transporte de elétrons deve ser esperada também em células da planta após a absorção do fungicida. A inibição seria parcial porque a dose em que o ingrediente ativo das estrobilurinas atua não é suficiente para bloquear por completo a respiração mitocondrial das plantas (VENÂNCIO et al., 1999, 2003). Com esse bloqueio parcial, a planta passa a realizar uma rota alternativa em sua respiração mitocondrial, utilizando, para isso, a enzima oxigenase alternativa, presente em vegetais e fungos. Essa enzima, por sua vez, reduz o oxigênio em H₂O e, como não existe um local de conservação de energia nessa rota alternativa, a energia livre que normalmente seria conservada na forma de ATP é perdida como calor (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Debona et al. (2015), investigando Azoxistrobina em arroz, também constataram significativa redução na taxa fotossintética, atribuindo o ocorrido à considerável redução da condutância estomática que seu experimento apresentou. Em contrapartida,

Veiga (2009), analisando efeitos fisiológicos de estrobilurinas e Carbendazim em feijoeiro, não verificou diferenças significativas na taxa fotossintética nos tratamentos com estrobilurinas em relação à taxa da Testemunha. Contudo, o autor detectou uma drástica redução dessa taxa no tratamento com Carbendazim em relação à da Testemunha, resultado esse que não ocorreu no presente trabalho.

Em se tratando do tratamento Biofac (fermentado de *Penicillium* sp.), ainda não há trabalhos publicados sobre os efeitos fisiológicos que ele pode promover na planta. No momento, há apenas trabalhos que relatam a eficiência do gênero fúngico em combater fitopatógenos, como a podridão mole em cana-de-açúcar (PALLU, 2010), a murcha vascular em tomateiro (VÁZQUEZ GARCÍA, 2013) e a mancha branca do milho (JULIATTI et al., 2014). Entretanto, neste trabalho é possível detectar certa semelhança desse produto biológico com estrobilurinas no que diz respeito à taxa fotossintética.

4.1.2 Taxa de transpiração (E)

No primeiro período (entre 28 e 47 DAS) avaliado, entre a primeira e a segunda aplicação dos tratamentos, as AACPs da taxa de transpiração ($AACP_E$) não responderam à interação genótipo e tratamento ($p=0,7922$) (Anexo D) nem se diferiram para os fatores isoladamente. No segundo período (entre 49 e 68 DAS), tampouco foi identificada interação significativa entre os fatores ($p=0,5857$) ou distinção entre os genótipos ($p=0,4633$); porém, ocorreram diferenças significativas nas $AACP_E$ entre os tratamentos ($p=0,0411$). O maior acréscimo nas $AACP_E$ foi observado para o tratamento Biofac, que foi cerca de 11% superior ao da Testemunha (TAB. 3).

TABELA 3. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	66,13A	63,13 b	70,37 a	66,65 ab	65,16 ab	68,12 ab
S.Cruz	67,24A					

CV (%) = 8,71

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Esses resultados encontrados estão de acordo com o observado anteriormente para a taxa fotossintética do tratamento Biofac, pois, em geral, as taxas de assimilação de carbono e de transpiração estão diretamente relacionadas com a circulação de moléculas de CO₂ e H₂O, respectivamente, através dos estômatos (KERBAUY, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009).

No terceiro período (entre 70 e 94 DAS), a interação entre os fatores genótipo e tratamento foi significativa ($p=0,0313$) (TAB. 4). As AACP_E para o genótipo BRS Santa Cruz RR foram sempre iguais ou superiores às registradas para o genótipo Anta 8500 RR. Os tratamentos Biofac e Picoxistrobina apresentaram maiores AACP_E para o genótipo BRS Santa Cruz RR, sendo cerca de 29 e 34% superiores a Anta 8500 RR, respectivamente. Em relação ao genótipo Anta 8500 RR, não foram observadas diferenças nas AACP_E para quaisquer dos tratamentos aplicados. Entretanto, no genótipo BRS Santa Cruz RR, o tratamento Biofac promoveu acréscimo de 27% na AACP_E em relação ao tratamento com Carbendazim.

TABELA 4. Áreas abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no terceiro período (entre 70 e 94 DAS) conforme análise por períodos, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Testemunha	Biofac	Azoxistrobina	Carbendazim	Picoxistrobina
Anta	52,4 Aa	48,7 Ba	53,0 Aa	49,3 Aa	44,8 Ba
S. Cruz	51,7 Aab	62,6 Aa	54,8 Aab	49,2 Ab	60,2 Aab

CV (%) = 15,21

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Berkelmann-Loehnertz et al. (2001), trabalhando com três aplicações de Azoxistrobina em videiras em casa de vegetação, observaram aumento da taxa transpiratória das plantas. Porém, Debona et al. (2015), investigando uma única aplicação de Azoxistrobina em arroz, registraram redução na taxa de transpiração, redução essa justificada pela baixa condutância estomática encontrada. Ambos os trabalhos não corroboram os dados do presente estudo, pois o tratamento Azoxistrobina não apresentou diferença em relação à Testemunha.

Nason, Farrar e Bartlett (2007) relataram redução na taxa de transpiração com diferentes estrobilurinas (Piraclostrobina, Azoxistrobina e Picoxistrobina) em trigo,

cevada e soja em ambiente protegido e justificaram seus resultados devido também à baixa condutância estomática observada em seu experimento. Tal trabalho tampouco corrobora o presente estudo, em que os tratamentos Azoxistrobina e Picoxistrobina alcançaram maior taxa de transpiração no genótipo BRS Santa Cruz RR.

Fagan (2007), estudando soja em casa de vegetação, identificou aumento na transpiração das plantas tratadas com Piraclostrobina apenas até o terceiro dia após a aplicação; após esse período, a transpiração das plantas tratadas diminuiu em comparação com a da Testemunha. Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) apontaram que a Piraclostrobina diminuiu a taxa de transpiração de soja e algodão em campo desde o início. Entretanto, neste último trabalho, a redução da transpiração pode ser devido à instalação do experimento em campo, onde a evapotranspiração é mais abundante, fazendo com que a planta utilize mecanismos para evitar a perda de água, como reduzir a abertura dos estômatos.

Relacionando os resultados do presente trabalho com os supramencionados, não se detecta um padrão entre as estrobilurinas com relação ao efeito que promovem na transpiração das plantas. A taxa de transpiração representa a perda de água da planta para o meio (KERBAUY, 2012; SHIMAZAKI et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009), o que não quer dizer diretamente que os tratamentos Biofac e Picoxistrobina provocaram esse efeito nas plantas. Essa perda de água depende da condutância estomática e da relação de eficiência no uso da água (KERBAUY, 2012; SHIMAZAKI et al., 2007; TAIZ; ZEIGER, 2009) que cada genótipo possui ou que cada tratamento promove, o que será devidamente discutido nas Subseções 4.1.3, 4.1.5 e 4.1.6.

Ao analisar a taxa fotossintética durante o segundo período (entre 49 e 68 DAS), observou-se que os tratamentos Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina alcançaram maiores valores quando comparados à Testemunha; porém, o mesmo não ocorreu na transpiração. Como as plantas não sofreram estresse hídrico e todos os tratamentos receberam irrigação homogênea, pode-se supor que as plantas tratadas com Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina estavam executando algum tipo de mecanismo metabólico que lhes permitia alta fixação de CO₂ e baixa perda de H₂O.

Mais uma vez, o fermentado de *Penicillium* sp., Biofac, apresentou semelhança com uma das estrobilurinas (Picoxistrobina) utilizadas no presente trabalho, sendo semelhante dessa vez em relação à taxa de transpiração.

4.1.3 Condutância estomática (gs)

As AACPs da condutância estomática ($AACP_{gs}$) apresentaram interação significativa entre os fatores genótipo e tratamento ($p=0,0321$) na análise final do experimento (Anexo E) (TAB. 5). Entre os genótipos, o tratamento Carbendazim apresentou $AACP_{gs}$ cerca de 15% superior para o genótipo Anta 8500 RR. Nesse genótipo, os tratamentos não diferiram, enquanto, no genótipo BRS Santa Cruz RR, os tratamentos Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina apontaram $AACP_{gs}$ cerca de 20% superior ao do tratamento Carbendazim. Esses dados são condizentes com aqueles observados na taxa fotossintética anteriormente discutida para os tratamentos Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina, os quais também apresentaram valores superiores da referida taxa. Biofac apresentou taxa de transpiração maior que Carbendazim em BRS Santa Cruz RR, corroborando a menor condutância estomática deste último tratamento.

TABELA 5. Áreas abaixo da curva de progressão da condutância estomática conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Testemunha	Biofac	Azoxistrobina	Carbendazim	Picoxistrobina
Anta	18,1Aa	19,1Aa	20,2Aa	19,4Aa	18,2Aa
S. Cruz	17,9Aab	20,5Aa	20,5Aa	16,9Bb	20,1Aa

CV (%) = 9,43

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz (S. Cruz), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Veiga (2009) estudou efeitos fisiológicos em feijoeiro com estrobilurinas e Carbendazim e também notou que este último obteve condutância estomática reduzida quando comparado com os outros tratamentos. O autor justificou seu resultado com base na alta severidade do oídio do feijoeiro apresentada pelas plantas tratadas com Carbendazim. Todavia, essa justificativa não se aplica ao presente trabalho, que não observou diferença significativa na severidade do oídio da soja comparando os tratamentos com estrobilurinas e Carbendazim, dado esse que será elucidado na Seção 4.4.

Com resultados divergentes daqueles do presente trabalho, Amaro (2011), que avaliou os efeitos de Azoxistrobina em pepino japonês em casa de vegetação, observou condutância estomática menor nas plantas com esse tratamento que na Testemunha até 49 dias após o transplântio (DAT) das mudas; porém, de 57 DAT até o final do experimento, a situação se inverteu. Nason, Farrar e Bartlett (2007) também relataram contração significativa na abertura dos estômatos em trigo, cevada e soja com diferentes estrobilurinas (Piraclostrobina, Azoxistrobina e Picoxistrobina) em ambiente protegido. Esses últimos autores justificam seu resultado explicando que a menor condutância estomática se deve ao fato de o potencial osmótico das células-guarda ser limitado pela redução da produção de ATP, a qual é parcialmente prejudicada com a aplicação de estrobilurinas, como elucidado anteriormente. Por fim, Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) também constataram redução significativa da condutância estomática, desde o início do experimento, em soja e algodão em campo com aplicação de Piraclostrobina. Nesse caso, a referida redução pode ter ocorrido como defesa das plantas contra a perda de água, que se torna mais proeminente em campo que em ambiente protegido.

Biofac, por sua vez, comportou-se mais uma vez de forma semelhante às estrobilurinas, promovendo maior abertura estomática que o tratamento Carbendazim.

4.1.4 Carbono interno (ci)

As AACPs do carbono interno ($AACP_{ci}$) apresentaram interação significativa ($p=0,0273$) entre os fatores genótipo e tratamento na análise final do experimento (TAB. 6) (Anexo F). Não foram observadas diferenças significativas nas $AACP_{ci}$ para os tratamentos em ambos os genótipos – exceto Biofac e Picoxistrobina, que alcançaram valores de $AACP_{ci}$ 4% superior em BRS Santa Cruz RR em comparação com Anta 8500 RR. Esses dados não condizem com o observado na condutância estomática, para a qual os referidos tratamentos não obtiveram diferenças significativas quando se compararam os dois genótipos. Possivelmente os tratamentos com Biofac e Picoxistrobina promoveram algum processo metabólico que auxiliou o genótipo Anta 8500 RR a captar CO_2 de forma mais eficiente, pois esses mesmos tratamentos também apresentaram maior taxa fotossintética para ambos os genótipos.

TABELA 6. Áreas abaixo da curva de progressão do carbono interno conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Biofac	Azo	Carb	Pico
Anta	15137 Aa	14964 Ba	15471 Aa	15090 Aa	15006 Ba
S. Cruz	15587 Aa	15537 Aa	15615 Aa	15409 Aa	15582 Aa

CV (%) = 3,13

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Essa variável não é comumente discutida em trabalhos relacionados a efeitos fisiológicos de fungicidas. No entanto, Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) relataram menor concentração de CO₂ entre as células do mesofilo nos tratamentos em que houve a aplicação de Piraclostrobina em soja e algodão em campo quando comparados com a Testemunha, uma vez que a condutância estomática também foi menor em seu experimento. Debona et al. (2015), trabalhando com Azoxistrobina em arroz, também observaram redução no carbono interno, redução essa igualmente justificada pela baixa condutância estomática.

A concentração de CO₂ interno tem relação com a atividade das enzimas Rubisco, e a variação dessa concentração no mesofilo pode ocorrer por dois motivos. O primeiro seria pela saturação dos sítios das enzimas por meio de sua função carboxilase, o que leva a alta fixação de CO₂ e favorece a taxa fotossintética, sendo que, nesse caso, a concentração de carbono interno diminui no mesofilo. O segundo motivo seria uma limitação da Rubisco na fixação de CO₂, devido a certa diminuição da capacidade de regenerar o aceptor dessa molécula. Nesse caso, a concentração desse gás aumenta no mesofilo e passa a ocorrer a atividade oxigenase da Rubisco, favorecendo assim a fotorrespiração (KERBAUY, 2012; LACHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009). Desse modo, é possível deduzir mais uma vez que os tratamentos Biofac e Picoxistrobina podem ter favorecido o genótipo Anta 8500 RR de alguma forma para uma maior fixação de carbono.

Novamente, o fermentado de *Penicillium* sp. manifestou-se de forma semelhante a uma das estrobilurinas (Picoxistrobina), apontando maior carbono interno no mesofilo no genótipo BRS Santa Cruz RR.

4.1.5 Eficiência instantânea no uso da água (A/E)

No primeiro e terceiro períodos avaliados, as AACPs da eficiência instantânea no uso da água ($AACP_{A/E}$) não responderam à interação genótipo e tratamento ($p=0,2187$ e $p=0,9637$, respectivamente) (Anexo G) nem se diferenciaram para os fatores isoladamente. No segundo período (entre 49 e 68 DAS), foi observada diferença significativa para os genótipos e tratamentos, mas nenhuma interação entre os fatores ($p=0,2806$). Entre os genótipos, a $AACP_{A/E}$ foi cerca de 10% superior em Anta 8500 RR. Entre os tratamentos, notou-se que Azoxistrobina e Picoxistrobina diferiram significativamente da Testemunha, sendo 19 e 18% superiores, respectivamente (TAB. 7). A eficiência instantânea no uso da água é determinada pela razão entre taxa fotossintética e taxa de transpiração (A/E); assim, o resultado coincide com a taxa de assimilação de carbono maior que esses dois tratamentos apresentaram em relação à Testemunha.

TABELA 7. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta 49,43A	42,08 b	47,66 ab	49,90 a	46,72 ab	49,62 a
S.Cruz 44,96B					

CV (%) = 11,88

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Figueiredo (2013), utilizando Piraclostrobina em mudas de ipê roxo em casa de vegetação, apontou maior eficiência instantânea no uso da água com três aplicações do tratamento. O autor também obteve menores resultados quanto à taxa de transpiração, fazendo com que ocorresse menor perda de água. Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) igualmente apontaram que a aplicação de Piraclostrobina promoveu aumento significativo nessa eficiência em soja e algodão em campo, aumento esse explicado pela redução na transpiração observada em seu experimento.

Analisando os referidos trabalhos, observa-se que o aumento da eficiência instantânea no uso da água causado pela estrobilurina estava ligado à baixa taxa de

transpiração, o que não ocorreu no presente trabalho com o uso de estrobilurinas. Aqui, o que parece ter determinado o acréscimo nessa eficiência foi o aumento na taxa fotossintética, pois os tratamentos Azoxistrobina e Picoxistrobina, além de terem promovido maior eficiência instantânea no uso da água, também promoveram maior taxa fotossintética quando comparados à Testemunha.

Köhle et al. (1994, 2002), estudando a aplicação de Piraclostrobina em trigo em campo, também constataram aumento da eficiência instantânea no uso da água. Os autores explicaram tal resultado mostrando que a absorção da estrobilurina pela planta promoveu aumento significativo do hormônio ácido abscísico (ABA) nas células. A principal função desse hormônio é controlar a perda de água para o meio em caso de estresse hídrico, provocando o fechamento dos estômatos (KERBAUY, 2012; TAIZ; ZEIGER, 2009). Supõe-se que, no presente trabalho, não houve esse aumento na produção de ABA, pois as estrobilurinas não provocaram fechamento estomático.

4.1.6 Eficiência intrínseca no uso da água (A/g_s)

As AACPs da eficiência intrínseca no uso da água ($AAPC_{A/g_s}$) apresentaram interação significativa entre os fatores genótipo e tratamento ($p=0,0046$) na análise final do experimento (TAB. 8) (Anexo H).

TABELA 8. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	3375 Aa	3576 Aa	3309 Aa	3392 Ba	3650 Aa
S. Cruz	3627 Aab	3236 Bb	3234 Ab	3730 Aa	3215 Bb

CV (%) = 8,32

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Os tratamentos Biofac e Picoxistrobina apresentaram maiores $AAPC_{A/g_s}$ em Anta 8500 RR que em BRS Santa Cruz RR – cerca de 11 e 14%, respectivamente. Ressaltando que a fórmula dessa variável é a razão entre a taxa fotossintética e a condutância estomática (A/g_s), esse resultado é coerente com as AACPs da taxa

fotossintética maiores que esses dois tratamentos tiveram em relação à Testemunha. Porém, vale citar que a taxa fotossintética não se referia especificamente ao genótipo Anta 8500 RR como a eficiência intrínseca se refere, pois não ocorreu interação entre genótipo e tratamento para a referida taxa, como elucidado anteriormente. O tratamento com Carbendazim obteve $AAPC_{A/gs}$ maior em 10% no genótipo BRS Santa Cruz RR quando comparado com Anta 8500 RR. Também apresentou maior eficiência quando comparado com as estrobilurinas e Biofac no mesmo genótipo. Esse resultado coincide com a condutância estomática menor que esse tratamento ensejou no genótipo BRS Santa Cruz RR e quando comparado com as estrobilurinas e Biofac.

Essa também é uma variável pouco explorada em trabalhos relacionados a efeitos fisiológicos de fungicidas. Blum (2005) esclarece que a eficiência intrínseca no uso da água consiste em uma característica particular de cada espécie e as diferenças genotípicas são expressas quando ocorrem variações no uso da água pela planta ou na condutância estomática. De acordo com o autor, para elevar essa eficiência, é necessário reduzir a saída de água pelos estômatos, o que remete ao fechamento parcial deles. No entanto, como a taxa fotossintética possui correlação direta com a condutância estomática, é comum – com o aumento da eficiência intrínseca do uso da água, devido ao fechamento parcial dos estômatos – ocorrer redução na produção de biomassa e produtividade em razão da diminuição da captação de CO_2 .

Outra forma de elevar a eficiência intrínseca no uso da água é relatada em Galmés et al. (2005). Os autores, estudando trocas gasosas em 24 dicotiledôneas silvestres, relatam que a elevação da quantidade de proteínas Rubisco e/ou a melhoria da função carboxilase dela remetem a uma maior eficiência no uso da água, pois afetam diretamente a taxa fotossintética. Embora os autores não tenham utilizado fungicidas em seu experimento, seus resultados corroboram aqueles ora apresentados, quais sejam: os tratamentos Biofac e Picoxistrobina apresentaram maior eficiência intrínseca e maior taxa fotossintética.

Em sua revisão, Leegood (2002) observa que a redução da difusão de CO_2 no mesófilo foliar é um indicativo de alta eficiência no uso da água, pois está diretamente relacionada com a condutância estomática, desde que não ocorra diminuição da taxa fotossintética. O referido autor também corrobora o presente trabalho, pois os tratamentos Biofac e Picoxistrobina apresentaram menor concentração de carbono interno em Anta 8500 RR e maior eficiência intrínseca no uso da água no mesmo genótipo. Além disso, o tratamento Carbendazim apresentou menor condutância

estomática que os tratamentos com as estrobilurinas e Biofac, ocasionando assim maior eficiência intrínseca nas plantas tratadas com Carbendazim quando comparadas com aquelas tratadas com estrobilurinas e Biofac.

Kebeish et al. (2007) complementam a discussão com seu trabalho com plantas de *Arabidopsis thaliana* transgênicas que realizam menos fotorrespiração em relação a plantas de mesma espécie não transgênicas. Os autores mostraram que a melhoria na eficiência intrínseca no uso da água pode ser alcançada por meio da redução do metabolismo da fotorrespiração da planta, pois assim ela terá uma taxa fotossintética maior.

Novamente, Biofac portou-se de forma semelhante a uma das estrobilurinas (Picoxistrobina), exibindo maior eficiência intrínseca no uso da água no genótipo Anta 8500 RR.

4.1.7 Eficiência em carboxilação (A/ci)

No primeiro e terceiro períodos, as AACPs da eficiência em carboxilação ($AACP_{A/ci}$) não apresentaram interação significativa para genótipo e tratamento ($p=0,1772$ e $p=0,4479$, respectivamente) nem se diferiram para os fatores isoladamente (Anexo I). No segundo período (entre 49 e 68 DAS), foi observada diferença significativa para os genótipos e tratamentos, mas nenhuma interação entre os fatores ($p=0,0850$). A $AACP_{A/ci}$ do genótipo Anta 8500 RR foi cerca de 11% superior à do genótipo BRS Santa Cruz RR. Entre os tratamentos, as $AACP_{A/ci}$ foram 27, 30 e 32% superiores para Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina quando comparados com a Testemunha, respectivamente (TAB. 9).

TABELA 9. Áreas abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no segundo período (entre 49 e 68 DAS) conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta 1,01A	0,79 b	1,03 a	1,00 a	0,94 ab	1,04 a
S.Cruz 0,91B					

CV (%) = 6,14

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Como a eficiência de carboxilação é estimada pela razão entre a taxa fotossintética e o carbono interno (A/c_i), esses resultados da TAB. 9 corroboraram as respostas das AACPs da taxa fotossintética que foram superiores para esses tratamentos.

A eficiência em carboxilação também é uma variável pouco discutida em estudos referentes a efeitos fisiológicos de fungicidas. Figueiredo (2013), utilizando Piraclostrobina em mudas de ipê roxo em casa de vegetação, igualmente apontou maior eficiência em carboxilação com três aplicações do fungicida. O autor também relatou alta taxa fotossintética, apresentando as mesmas observações que o presente trabalho em relação às estrobilurinas. Amaro (2011), trabalhando com Azoxistrobina em pepino japonês em casa de vegetação, observou que, até 43 dias após o transplantio das mudas, o tratamento com Azoxistrobina apresentava eficiência em carboxilação inferior à da Testemunha; porém, após esse período, passou a ter maior valor até o final do experimento. O autor não elucidou a variável carbono interno isoladamente em seu trabalho e, por isso, justificou seu resultado relacionando-o com a condutância estomática que se elevava a partir de 43 dias após o transplantio das mudas, lembrando que a condutância estomática tem relação direta com a concentração de carbono interno no mesófilo. Dourado Neto, Fagan e Martins (2011), também detectaram maior carboxilação em plantas de algodão e soja tratadas com Piraclostrobina. Os autores explicaram seu resultado supondo que a atividade carboxilase da Rubisco tenha sido mais elevada, favorecida de alguma forma pelo fungicida.

A eficiência em carboxilação possui relação com a atividade carboxilase da Rubisco, atividade essa responsável por captar CO_2 que se encontra difundido no mesófilo (LARCHER, 2000). Sendo assim, os tratamentos Azoxistrobina, Biofac e Picoxistrobina podem ter potencializado a atividade carboxilase da Rubisco por meio da abertura dos estômatos, como relatado anteriormente, permitindo que mais moléculas de CO_2 entrassem no mesófilo.

O fermentado de *Penicillium* sp., por sua vez, indicou novamente um comportamento semelhante ao das estrobilurinas – dessa vez, em relação ao aumento da eficiência em carboxilação.

4.2 Teores das clorofilas a , b , $a+b$ e a/b

Os resultados para as áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas ($AACP_{Clor}$) a , b , $a+b$ e a/b na análise por períodos não indicaram interação entre os

genótipos e os tratamentos em quaisquer dos períodos (Anexo J). Observou-se que o genótipo BRS Santa Cruz RR apresentou AACPs das clorofilas *a*, *b* e *a+b* superiores às do genótipo Anta 8500 RR em todos os períodos. Todavia, para a relação de *a/b*, Anta 8500 RR obteve AACPs superiores, em 6 e 14%, às de BRS Santa Cruz RR no primeiro e terceiro períodos, respectivamente. Entre os tratamentos, destacam-se Azoxistrobina e Biofac, que lograram AACPs dos teores de clorofila *a*, *b* e *a+b* superiores aos da Testemunha no segundo período (entre 49 e 68 DAS) (TAB. 10).

TABELA 10. Áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas conforme análise por período, Uberlândia/MG, 2015.

Clorofila a						
1º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	477,20 B	493,40 ab	477,40 b	490,15 ab	493,18 ab	505,84 a
S.Cruz	506,79 A					
CV (%) = 4,36						
2º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	531,76 B	523,51 b	551,70 a	552,91 a	537,15 ab	535,58 ab
S.Cruz	548,58 A					
CV (%) = 3,74						
3º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	491,83 B	525,98 a	520,53 a	535,28 a	515,51 a	513,50 a
S.Cruz	552,49 A					
CV (%) = 6,75						
Clorofila b						
1º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	125,65 B	131,35 a	125,08 a	134,41 a	135,69 a	138,98 a
S.Cruz	140,56 A					
CV (%) = 9,25						
2º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	156,90 B	152,29 b	167,44 a	168,47 a	161,27 ab	158,58 ab
S.Cruz	166,31 A					
CV (%) = 8,01						

... continua...

TABELA 10, Cont.

3º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	134,42 B	150,23 a	151,21 a	161,15 a	149,79 a	150,68 a
S.Cruz	170,81 A					
CV (%) = 14,51						
Clorofila <i>a+b</i>						
1º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	600,23 B	624,75 a	602,48 a	618,00 a	628,87 a	644,83 a
S.Cruz	647,34 A					
CV (%) = 6,28						
2º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	688,78 B	676,09 b	719,15 a	721,38 a	698,42 ab	694,15 ab
S.Cruz	714,89 A					
CV (%) = 4,45						
3º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	626,24 B	676,21 a	671,74 a	696,43 a	665,30 a	664,18 a
S.Cruz	723,30 A					
CV (%) = 8,38						
Clorofila <i>a/b</i>						
1º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	73,87 A	73,34 a	74,29 a	70,38 a	70,68 a	70,90 a
S.Cruz	69,96 B					
CV (%) = 6,05						
2º período						
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	65,02 A	65,81 a	63,25 a	63,20 a	63,57 a	64,90 a
S.Cruz	63,27 A					
CV (%) = 5,61						

... continua...

TABELA 10, Cont.

		3º período				
Genótipos		Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	79,74 A	76,03 a	75,51 a	72,45 a	74,71 a	74,56 a
S.Cruz	69,57 B					

CV (%) = 9,24

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Estudos mostram que as estrobilurinas têm a característica de promover o “*stay-green*” (efeito verde) em plantas, isto é, as plantas apresentam uma aparência mais esverdeada, contando com maior concentração de pigmentos nas folhas (BARTLETT et al., 2001, 2002; KÖHLE et al., 1994, 2002; VENÂNCIO, et al., 2003). Convergindo com os resultados do presente trabalho, Köhle et al. (2002), trabalhando com trigo em campo, relataram o “efeito verde” em plantas tratadas com estrobilurinas, efeito esse ocasionado por maior concentração de pigmentos nas folhas. Rodrigues (2009) também observou aumento significativo no teor de clorofilas da soja com aplicação de Piraclostrobina. Por sua vez, Amaro (2011) observou resultados similares com pepino japonês em casa de vegetação ao aplicar Azoxistrobina e Piraclostrobina.

Porém, em contradição aos dados do presente trabalho, Veiga (2009) não observou diferenças significativas nas avaliações de clorofila de feijoeiro em experimento em campo tanto utilizando estrobilurinas (Azoxistrobina e Piraclostrobina) quanto utilizando Carbendazim, justificando seu resultado devido à alta severidade da doença que acometeu seu experimento. Debona et al. (2015) tampouco identificaram diferenças significativas no teor das clorofilas *a* e *b* em arroz tratado com Azoxistrobina.

Em relação à diferença entre os genótipos, o fato de Anta 8500 RR ter razão entre as clorofilas *a/b* maior que BRS Santa Cruz RR pode simplesmente consistir em uma característica intrínseca ao próprio genótipo. A razão *a/b* sendo maior pode indicar que Anta 8500 RR é um genótipo mais bem adaptado ao sol que BRS Santa Cruz RR, provavelmente apresentando também menor empilhamento entre os tilacoides dentro

dos cloroplastos (LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008). Vale ressaltar que ambos os genótipos receberam as mesmas condições de irradiação fotossinteticamente ativa.

Casaroli et al. (2007) e Jiang et al. (2004) explicam que o aumento gradativo da quantidade de clorofilas contidas nas folhas da soja está relacionado com o desenvolvimento e expansão foliar, ocorrendo assim o aumento gradativo da razão entre as clorofilas *a/b* com a expansão das folhas. Essa explicação reforça a hipótese de que a diferença da razão *a/b* entre os genótipos consiste em uma característica intrínseca deles, pois a coleta de dados do presente experimento foi realizada igualmente para ambos os genótipos no terço médio das plantas em folhas totalmente expandidas e não senescentes.

O tratamento Biofac, por sua vez, indicou novamente um comportamento semelhante a uma das estrobilurinas (Azoxistrobina) – dessa vez, em relação aos maiores teores de clorofilas *a*, *b* e *a+b* comparados aos da Testemunha no segundo período.

4.3 Fluorescência da clorofila *a*

4.3.1 Rendimento quântico potencial (Fv/Fm)

As AACPs do rendimento quântico potencial (AACP_{Fv/Fm}) não apresentaram interação significativa entre os genótipos, tratamentos e períodos ($p=0,2451$) na análise com parcelas subdivididas no tempo. Tampouco ensejaram interação entre os genótipos e os tratamentos ($p=0,3514$) ou diferenças significativas entre os fatores isoladamente (Anexo L) (TAB. 11).

TABELA 11. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial conforme análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta 52,82A	52,67 a	52,87 a	52,77 a	52,76 a	52,87 a
S.Cruz 52,76A					

CV₁ (%) = 1,34; CV₂ (%) = 1,06

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos, pelo teste de Tukey a 5% de significância. Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV). Fonte: autoria própria.

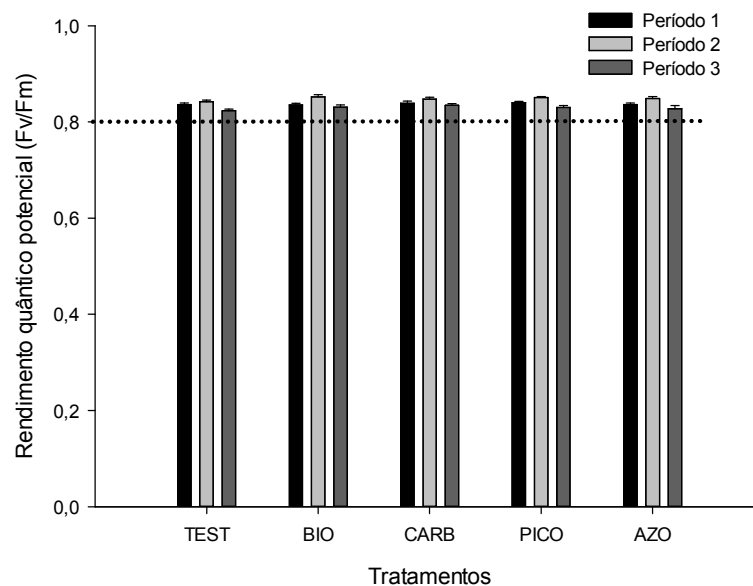


FIGURA 3. Médias dos valores reais do rendimento quântico potencial do genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.
Fonte: autoria própria.

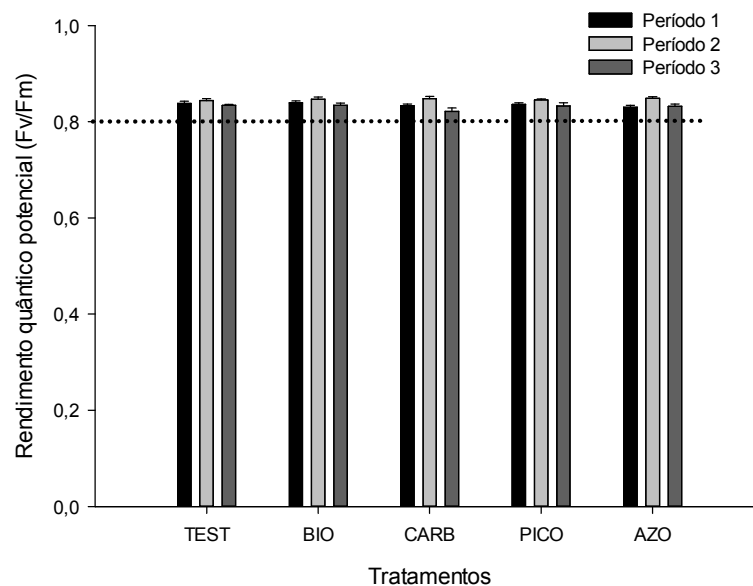


FIGURA 4. Médias dos valores reais do rendimento quântico potencial (Fv/Fm) do genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.
Fonte: autoria própria.

Conforme mostram as FIG. 3 e 4, ambos os genótipos e seus respectivos tratamentos alcançaram um valor acima de 0,8 no rendimento quântico potencial (F_v/F_m), baseando-se nas médias dos valores reais. Esse resultado mostra que as plantas do presente experimento não sofreram fotoinibição (BJÖRKMAN; DEMMIG, 1987).

Condizentes com os resultados do presente trabalho, os de Debona et al. (2015) não apontaram diferença significativa no rendimento quântico potencial (F_v/F_m) em arroz tratado com Azoxistrobina, indicando que suas plantas também não sofreram fotoinibição. Vale ressaltar que os autores coletaram seus dados entre as 9h e as 12h da manhã, assim como no presente trabalho.

Nason, Farrar e Bartlett (2007), com resultados divergentes daqueles do presente trabalho ao aplicarem diferentes estrobilurinas (Cresoxim-metilico, Piraclostrobina, Azoxistrobina, Trifloxistrobina e Picoxistrobina) em trigo, cevada e soja, relataram uma diminuição significativa no rendimento quântico potencial (F_v/F_m) das plantas. Os autores concluíram que o uso de estrobilurinas inibiu diretamente a fotossíntese, afetando o fotossistema II e causando, assim, fotoinibição. Porém, os autores não mencionaram o horário em que foram realizadas as coletas de dados. Trata-se de uma informação muito importante, pois, dependendo do momento do dia, a irradiação solar pode gerar respostas diferentes em relação ao rendimento quântico potencial (F_v/F_m). Certo decréscimo nesse potencial pode ocorrer nos horários mais quentes do dia, que, conseqüentemente, correspondem aos horários com maior irradiação solar, horários esses em que a planta perde parte da energia captada da luz na forma de calor (LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008).

4.3.2 Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$)

As AACPs do rendimento quântico efetivo ($AACP_{\Delta F/F_m'}$) não apresentaram interação significativa entre os genótipos, os tratamentos e os períodos ($p=0,2589$); porém, tiveram interação entre os genótipos e os tratamentos ($p=0,0054$) na análise com parcelas subdivididas no tempo (Anexo M) (TAB. 12). Entre os genótipos, a única diferença observada para as $AACP_{\Delta F/F_m'}$ foi no tratamento Azoxistrobina, com o qual o genótipo Anta 8500 RR apresentou $AACP_{\Delta F/F_m'}$ cerca de 10% superior à do genótipo BRS Santa Cruz RR. Entre os tratamentos, não foram detectadas diferenças nas $AACP_{\Delta F/F_m'}$ no genótipo BRS Santa Cruz RR. Contudo, no genótipo Anta 8500 RR, a

diferença mais proeminente foi observada no tratamento Azoxistrobina, que obteve $AACP_{\Delta F/Fm'}$ cerca de 8% superior à da Testemunha e à da Picoxistrobina.

TABELA 12. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo conforme análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	11,8 Ab	12,4 Aab	12,7 Aa	12,1 Aab	11,8 Ab
S. Cruz	12,1 Aa	12,2 Aa	11,5 Ba	11,8 Aa	12,1 Aa

$CV_1 (\%) = 7,11$; $CV_2 (\%) = 7,63$

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e, por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta) BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

Os dados do presente trabalho corroboram Beck, Oerke e Dehne (2002), que, trabalhando com aplicação de estrobilurinas (Azoxistrobina e Trifloxistrobina) em trigo em campo, relataram que houve aumento no rendimento quântico efetivo ($\Delta F/Fm'$). Todavia, os autores realizaram a coleta de dados ao longo do dia, e não somente uma vez no dia como no presente trabalho.

As $AACP_{\Delta F/Fm'}$ apresentaram diferença significativa em relação aos períodos ($p=0,0000$) (Anexo M), o que evidenciou a redução no rendimento quântico efetivo ($\Delta F/Fm'$) no terceiro período (entre 70 e 94 DAS) (TAB. 13).

TABELA 13. Áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo conforme análise com parcelas subdivididas no tempo referente a cada período, Uberlândia/MG, 2015.

Períodos	Rendimentos quânticos efetivos ($\Delta F/Fm'$)
1º (entre 28 e 47 DAS)	12,60 a
2º (entre 49 e 68 DAS)	12,61 a
3º (entre 70 e 94 DAS)	11,00 b

$CV_1 (\%) = 7,11$; $CV_2 (\%) = 7,63$

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem os períodos pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

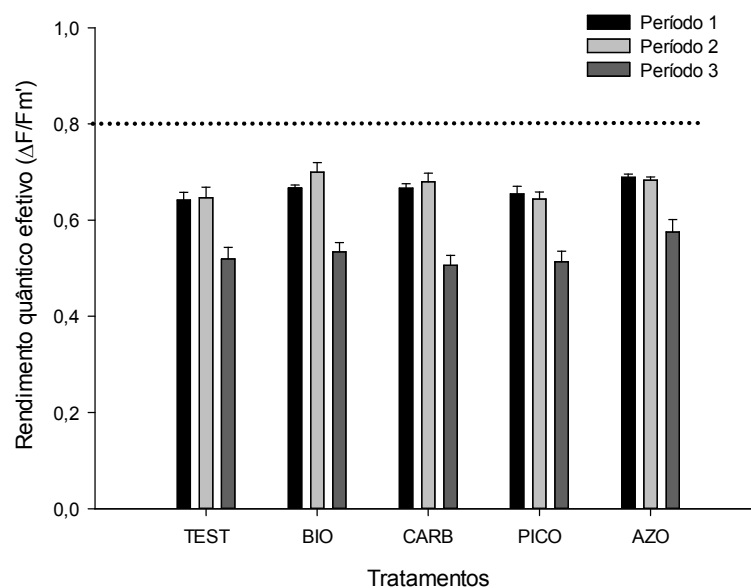


FIGURA 5. Médias dos valores reais do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) do genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.

Fonte: autoria própria.

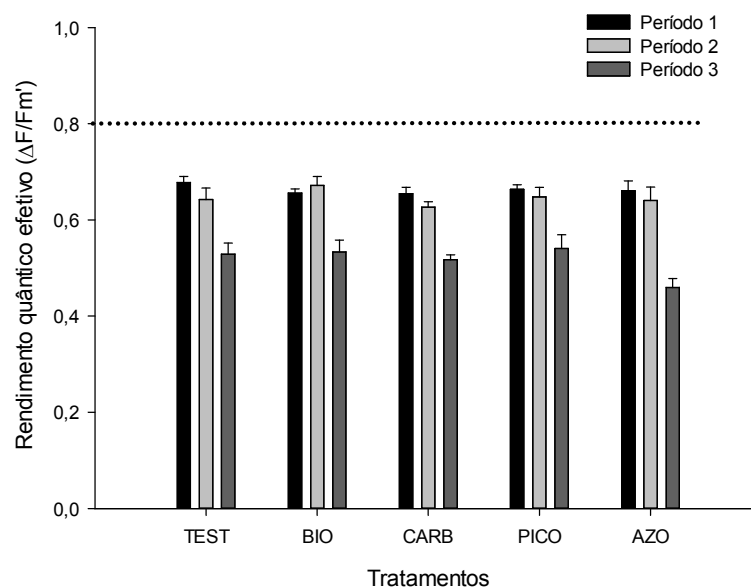


FIGURA 6. Médias dos valores reais do rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) do genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.

Fonte: autoria própria.

Analisando as FIG. 5 e 6, observa-se que, baseando-se nas médias dos valores reais, as plantas alcançaram valores menores que 0,8 no rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) no terceiro período (entre 70 e 94 DAS).

O início do terceiro período (entre 70 e 94 DAS) correspondeu ao enchimento dos grãos; logo, o restante desse período correspondeu à maturação dos grãos e, consequentemente, à senescência natural das plantas. O principal hormônio ligado à senescência das plantas é o etileno, que provoca perda de clorofila e desaparecimento gradual da cor das folhas (LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, essa pode ser uma explicação para a queda no rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) no terceiro período, sendo que essa variável é diretamente relacionada com a integridade das clorofilas. Outra hipótese para a redução desse rendimento seria a alta severidade do oídio que os tratamentos apresentaram, dado esse que será apresentado na Seção 4.4. Como o fungo tem a característica de colonizar a planta formando uma camada de micélio pulverulento principalmente em suas folhas (STADNIK; RIVERA, 2001), pode ter havido um comprometimento da passagem de luz até as clorofilas.

4.3.3 Relação entre os rendimentos quânticos potencial (F_v/F_m) e efetivo ($\Delta F/F_m'$)

Relacionando os dados de rendimento quântico potencial (F_v/F_m) e de rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$), percebe-se que, neste último, as plantas apresentaram valores menores que 0,8. O fato de esse valor estar abaixo de 0,8 significa que a planta está fazendo um ajuste às condições prevaletentes do momento. Em outras palavras, no momento da coleta de dados, as plantas estavam executando seus devidos ajustes no aparato fotossintético para suportarem a alta radiação, dissipando parte dessa energia na forma de calor, por exemplo (LAMBERS; CHAPIM III; PONS, 2008). Compete destacar que, neste estudo, a coleta dos dados foi realizada em um período de alta radiação fotossinteticamente ativa, qual seja: entre as 8h e as 12h da manhã.

4.4 Severidade

As AACPs da severidade do oídio ($AACP_{sev}$) apresentaram interação entre genótipo e tratamento conforme análise final do experimento ($p=0,0021$) (Anexo N) (TAB. 14).

TABELA 14. Áreas abaixo da curva de progressão da severidade do oídio conforme análise final, Uberlândia/MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	3906 Bb	2808 Aa	2475 Aa	2813 Aa	2817 Aa
S. Cruz	2405 Aa	2762 Aa	2413 Aa	2688 Aa	2791 Aa

CV (%) = 17,94

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

As $AACP_{Sev}$ não diferiram entre os genótipos para todos os tratamentos que incluíram a aplicação de fungicidas. Contudo, a Testemunha diferiu entre os genótipos, sendo 62% superior em Anta 8500 RR, o que sugere que esse genótipo é menos resistente ao oídio que BRS Santa Cruz RR. A aplicação de qualquer dos tratamentos fungicidas não reduziu a severidade do oídio no genótipo BRS Santa Cruz RR, e o genótipo Anta 8500 RR parece que não pode ser cultivado sem a aplicação desses defensivos, que reduziram sua $AACP_{Sev}$ em aproximadamente 44%.

Cabe sublinhar que todos os tratamentos apresentaram sintomas da doença, exibindo uma severidade crescente ao longo do tempo, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo (Anexo N), com médias dos valores reais variando entre 3 e 94% ao longo do tempo (FIG. 7 e 8).

Mignucci e Boyer (1979), estudando o oídio da soja, observaram que a diminuição da fotossíntese induzida pela doença não é atribuída à fonte de CO_2 , isto é, à folha colonizada pelo micélio do patógeno. Os autores notaram que a perda na taxa fotossintética ia além do tecido afetado pelos sintomas, sugerindo que o fungo inibia a fotossíntese do hospedeiro afetando o funcionamento dos cloroplastos. Como o fungo fica restrito à epiderme, os autores propuseram que um fator de translocação inibia a atividade do cloroplasto, pois há alterações metabólicas (fotossíntese e transpiração) observadas distantes do local de infecção do oídio. Esse fator de translocação poderia ser algo liberado pelo fungo ou produzido pelo hospedeiro em resposta ao patógeno. Sendo assim, os autores concluíram que a perda na taxa de fotossíntese resultou de mudanças diretas na atividade metabólica induzida pelo patógeno.

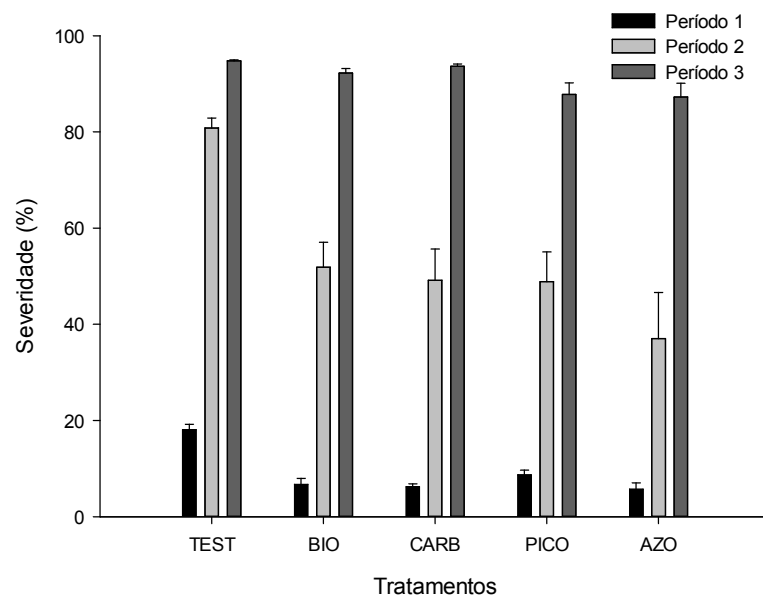


FIGURA 7. Médias dos valores reais da severidade do oídio no genótipo Anta 8500 RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.
Fonte: autoria própria.

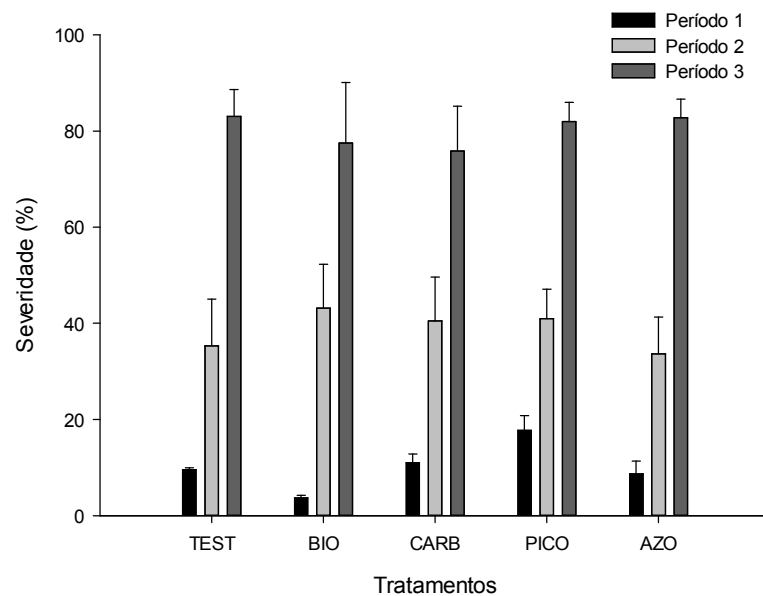


FIGURA 8. Médias dos valores reais da severidade do oídio no genótipo BRS Santa Cruz RR relativas a cada período, conforme a análise com parcelas subdivididas no tempo, Uberlândia/MG, 2015.
Fonte: autoria própria.

Shtienberg (1992), investigando doenças foliares do trigo, incluindo o oídio, relata que um dos sintomas da colonização de patógenos foliares é a considerável redução na taxa fotossintética, que, além de ocorrer em tecidos danificados, acontece também em tecidos visivelmente saudáveis. Bertelsen, de Neergaard e Smedegaard-Petersen (2001), trabalhando com estrobilurinas e doenças do trigo, comprovaram que, mesmo patógenos incapazes de provocar doença, podem suscitar alterações nas trocas gasosas quando colonizam plantas de trigo, em função da mobilização de energia das plantas para responder às tentativas de infecção.

Uma possível explicação para essa reação generalizada na planta, descrita nos três trabalhos supracitados, seria a resposta contra o patógeno que a planta executa após a infecção ocorrer. A planta apresenta receptores na membrana plasmática que identificam a infecção causada pelo patógeno. Esses receptores estimulam determinadas enzimas, que produzem espécies reativas de oxigênio e óxido nítrico, os quais são altamente reativos, provocando a peroxidação lipídica, a inativação de enzimas e a degradação de ácidos nucleicos. Desse modo, além de afetarem negativamente o patógeno, as espécies reativas de oxigênio e o óxido nítrico também comprometem os tecidos vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Entretanto, em dissonância com os três trabalhos supracitados, Bassanezi et al. (2001), estudando três doenças do feijoeiro, observaram que micro-organismos biotróficos, como é o caso do patógeno do oídio, são menos agressivos e destroem menos o tecido do hospedeiro, devido ao seu próprio modo de vida. Similarmente, Xavier et al. (2015), trabalhando com oídio da soja, constataram que a redução da taxa fotossintética foi limitada apenas às áreas das lesões, o que estaria relacionado com o próprio meio de vida do fungo, que não penetra nas células mesofílicas. Essa pode ser uma justificativa para os dados do presente trabalho, no qual, mesmo com sintomas da doença, as plantas ainda permaneciam realizando suas funções metabólicas e apresentaram diferenças entre os tratamentos em relação principalmente às trocas gasosas. É razoável supor que tais diferenças se devam aos efeitos fisiológicos que cada produto utilizado promoveu (vide discussão sobre o coeficiente de correlação linear de Pearson na Seção 4.5). Por exemplo, os tratamentos com estrobilurinas e com o fermentado de *Penicillium* sp. ocasionaram maiores taxa fotossintética, taxa de transpiração, eficiência instantânea no uso da água, eficiência em carboxilação e teor de clorofilas quando comparados com a Testemunha.

4.5 Produção

A massa seca de grãos avaliada ao final do experimento apresentou interação significativa ($p=0,0004$) entre os genótipos e os tratamentos avaliados (Anexo O) (TAB. 15).

TABELA 15. Massa seca de grãos em gramas dos genótipos conforme análise final, Uberlândia/ – MG, 2015.

Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	9,3 Ba	9,6 Ba	10,6 Aa	9,1 Ba	11,8 Aa
S. Cruz	14,1 Aab	12,2 Abc	10,8 Ac	16,1 Aa	12,3 Abc

CV (%) = 17,64

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na coluna diferem os genótipos dentro de cada tratamento e por letras minúsculas distintas na linha diferem os tratamentos dentro de cada genótipo, pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Anta 8500 RR (Anta), BRS Santa Cruz RR (S.Cruz), Testemunha (Test), Biofac (Bio), Azoxistrobina (Azo), Carbendazim (Carb), Picoxistrobina (Pico), Coeficiente de variação (CV).

Fonte: autoria própria.

A massa seca de grãos do genótipo BRS Santa Cruz RR foi igual ou superior à do genótipo Anta 8500 RR em todos os tratamentos fungicidas. A Testemunha do genótipo BRS Santa Cruz RR apresentou massa seca de grãos cerca de 52% superior à do genótipo Anta 8500 RR, indicando aquele genótipo como opção mais produtiva. Os tratamentos com Azoxistrobina e Picoxistrobina não diferiram em termos de massa seca de grãos entre os genótipos Anta 8500 RR e BRS Santa Cruz RR, indicando esses dois fungicidas como melhores opções para o genótipo Anta 8500 RR. No entanto, os tratamentos com fungicidas não diferiram em termos de massa seca de grãos para o genótipo Anta 8500 RR. Para o genótipo BRS Santa Cruz RR, o fungicida Carbendazim apresentou massa seca de grãos superior à dos demais fungicidas avaliados.

Em relação ao coeficiente de correlação linear de Pearson (PEARSON, 1896), não foram detectadas correlações significativas (Anexo P) entre quaisquer das AACPs da severidade para ambos os genótipos e a massa seca de grãos, demonstrando que a produção não apresentou correlação com a severidade da doença. Como todos os tratamentos do presente estudo apresentaram sintomas da doença, as diferenças na massa seca de grãos podem ser atribuídas aos efeitos fisiológicos dos fungicidas utilizados.

Relacionando a severidade do oídio da soja com sua produtividade, Hoffmann et al. (2004), estudando rotação de culturas e aplicação de fungicidas triazóis em soja, constataram que valores de menor severidade do oídio não implicaram maior rendimento de grãos ao final do experimento. Gallotti, Balbinot Junior e Backes (2005), trabalhando com severidade de doenças em soja e eficiência de fungicidas (estrobilurinas e triazóis), observaram que, mesmo o oídio alcançando uma severidade de 41%, não ocorreu redução na produtividade.

Relacionando os efeitos fisiológicos promovidos por fungicidas e a produtividade, Rodrigues (2009), em dissonância com os dados ora apresentados, testemunhou maior produtividade e maiores taxas de assimilação de carbono em soja tratada com Piraclostrobina. Fagan et al. (2010) relataram que a aplicação de Piraclostrobina elevou a produtividade em soja, apresentando também significativo aumento na taxa fotossintética. Dourado Neto, Fagan e Martins (2011) igualmente observaram que a aplicação de Piraclostrobina ocasionou aumentos de produtividade e efeitos fisiológicos positivos em soja e algodão. Similarmente, Veiga (2009), trabalhando com feijoeiro na presença de doenças, dentre elas o oídio, identificou que a aplicação de Carbendazim não incrementou a produção em grãos ao final do experimento.

Bertelsen, de Neergaard e Smedegaard-Petersen (2001) explicam que a retenção da área foliar é um dos principais efeitos das plantas tratadas com estrobilurinas, pois elas diminuem a síntese do etileno e aumentam a produção de citocininas. Estas últimas, por sua vez, incrementam o florescimento e a produção de sementes em soja devido à sua atuação na distribuição de fotoassimilados (NAGEL et al., 2001). Köhle et al. (2002) elucidam que o aumento na produtividade de plantas tratadas com estrobilurinas se deve à alteração de processos fisiológicos como: os aumentos dos teores de clorofila, da atividade fotossintética e da atividade da enzima nitrato redutase; e as reduções da abertura dos estômatos, do consumo de água e da senescência das folhas. Porém, Venâncio et al. (2003) relatam que a maior produtividade decorre do fato de a molécula de estrobilurina prevenir a germinação dos esporos de fungos patogênicos, não patogênicos e saprófitos, interrompendo, assim, a demanda de perda de energia em resposta do hospedeiro ao patógeno.

Embora tenham gerado resultados positivos na fisiologia das plantas (*i.e.*, maior taxa fotossintética, eficiência instantânea no uso da água, eficiência em carboxilação e teor de clorofilas), os tratamentos com estrobilurinas e Biofac, ao contrário do

tratamento Carbendazim, não obtiveram a mesma resposta na produção de massa seca de grãos. Desse modo, é razoável supor que tenha ocorrido alguma alteração no transporte de fotoassimilados entre os tecidos-fonte, representados pelas folhas, e os tecidos-dreno, representados pelos grãos das plantas tratadas com estrobilurinas.

Levando em consideração que as estrobilurinas podem bloquear parcialmente a respiração mitocondrial das plantas (BARTLETT et al., 2001, 2002; FERNÁNDEZ-ORTUÑO et al., 2010; GHINI, 2001; NASON; FARRAR; BARTLETT 2007; RODRIGUES, 2006; VENÂNCIO et al., 1999, 2003), caso isso tenha ocorrido no presente trabalho, o resultado pode ter ocasionado deficiência na formação de ATP, que é uma importante molécula energética. Apesar de o transporte no floema requerer pouca energia devido ao gradiente de pressão que governa a translocação da seiva, o carregamento desse tecido requer energia para ocorrer. O processo de carregamento do floema consiste na passagem da sacarose das células produtoras do mesófilo para os elementos crivados e células companheiras do floema. Esse carregamento pode suceder via apoplasto ou simplasto. O carregamento apoplástico requer gasto de energia para acontecer, pois os açúcares são ativamente transferidos para os elementos crivados por um transporte seletivo. O mesmo ocorre no descarregamento do floema, no qual a sacarose é transferida ativamente via apoplasto dos elementos crivados para as células-dreno (TAIZ; ZEIGER, 2009), que, nesse caso, representam as células dos grãos da soja. Mediante essa hipótese, é possível que as plantas tenham realizado seu metabolismo de forma limitada, sofrendo com as consequências da redução da respiração mitocondrial. Essa poderia ser uma explicação para o fato de as plantas tratadas com estrobilurinas não terem apresentado aumento na produção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O biofungicida Biofac comportou-se de forma semelhante às estrobilurinas em relação aos resultados de diversas variáveis analisadas. Sabe-se que as estrobilurinas têm sua origem natural em compostos oriundos do metabolismo de fungos basidiomicetos decompositores de madeira, como *Oudemansiella mucida* (Schrad ex Fr) Hoehn e *Strobilurus tenacellus* (Pers ex Fr) Singer (BARTLETT et al., 2001, 2002). Todavia, com o avanço da tecnologia, hoje temos diversos tipos de estrobilurinas no mercado fabricadas sinteticamente. Como o Biofac é composto por fermentado do fungo *Penicillium* sp., há a possibilidade de existir alguma substância, ainda desconhecida, que se aproxime da funcionalidade das estrobilurinas. Vale lembrar que o gênero *Penicillium* abrange fungos causadores de doenças de pós-colheita, isto é, que também exercem uma função de decomposição de tecidos vegetais (AMORIM; REZENDE; BERGAMIN-FILHO, 2011; KIMATI et al., 2005).

Outro aspecto a ser considerado é que muitos estudos que avaliaram os efeitos fisiológicos de fungicidas basearam suas conclusões em avaliações pontuais ao longo do tempo. Aqui, foi observado que avaliações contínuas das respostas fisiológicas ao longo de todo o ciclo da cultura da soja podem não detectar diferenças significativas entre os tratamentos. Esse resultado parece indicar que as diferenças observadas por outros pesquisadores podem ter sido uma consequência da avaliação de extremos – antes e após a aplicação dos tratamentos, por exemplo –, o que explicaria as diferenças significativas observadas pelos autores referenciados, mas não detectadas neste estudo.

Para a confirmação dos resultados, seriam necessárias reproduções do presente experimento em épocas diferentes, utilizando também mais repetições para cada tratamento. Também seria conveniente ter um tratamento controle sem a presença de doenças e sem aplicação de fungicidas, para separar adequadamente resultados oriundos dos efeitos da doença daqueles decorrentes dos fungicidas.

Por fim, compete sublinhar que, mesmo que determinado fungicida seja capaz de promover efeitos fisiológicos positivos na planta, não se deve perder o foco para a sua utilização. Em outras palavras, é preciso que se priorize a função de um fungicida em combater o patógeno em vez da sua função de promover efeitos fisiológicos.

6 CONCLUSÕES

São conclusões desta dissertação:

- 1 – Em relação às trocas gasosas, as plantas tratadas com as estrobilurinas (Azoxistrobina e Picoxistrobina) e com o fermentado de *Penicillium* sp. (biofungicida Biofac) apresentaram resultados semelhantes. Cabe destaque à taxa fotossintética, taxa de transpiração, eficiência em carboxilação, condutância estomática e teor de clorofilas. Demonstra-se, assim, certa semelhança nos efeitos fisiológicos promovidos tanto pelas estrobilurinas quanto pelo biofungicida;
- 2 – As plantas tratadas com Carbendazim não obtiveram respostas positivas nos dados relativos às trocas gasosas como as estrobilurinas e o biofungicida obtiveram;
- 3 – O genótipo BRS Santa Cruz RR apresentou teores das clorofilas *a*, *b* e *a+b* superiores aos de Anta 8500 RR em todos os períodos. Porém, para a relação de *a/b*, Anta 8500 RR foi superior a BRS Santa Cruz RR no primeiro e terceiro períodos;
- 4 – Os tratamentos Azoxistrobina e Biofac apresentaram teores das clorofilas *a*, *b* e *a+b* superiores aos da Testemunha no segundo período;
- 5 – Nenhuma planta do experimento sofreu fotoinibição, apresentando rendimento quântico potencial (F_v/F_m) superior a 0,8;
- 6 – A estrobilurina Azoxistrobina promoveu maior rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$) no genótipo Anta 8500 RR;
- 7 – O genótipo Anta 8500 RR se mostrou menos resistente ao oídio;
- 8 – Para o genótipo Anta 8500 RR, uma menor severidade da doença não refletiu em maior produção;
- 9 – A Testemunha do genótipo BRS Santa Cruz RR apresentou massa seca de grãos superior à da Testemunha de Anta 8500 RR, demonstrando que o primeiro é um genótipo mais produtivo;
- 10 – O tratamento com Carbendazim apresentou massa seca de grãos superior à dos demais tratamentos fungicidas no genótipo BRS Santa Cruz RR; e
- 11 – As estrobilurinas promoveram acréscimo em diversas variáveis fisiológicas analisadas; porém, isso não refletiu na massa seca de grãos ao final do experimento.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5. ed. Amsterdã: Elsevier Academic Press, 2004. 952 p.
- AGROFIT Sistema de agrotóxicos fitossanitários. **Apresentação**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 15 dez. 2015.
- ALEXOPOULOS, G. J.; MIMS, C. W. **Introductory mycology**. 3. ed. Nova York: John Wiley e Sons, 1979. 632 p.
- ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R. A. S.; MIRANDA, M. A. C.; CAMPELO, G. J. A. Melhoramento da soja para regiões de baixas latitudes. In: QUEIROZ, M. A.; GOEDERT, C. O.; RAMOS, S. R. R. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. p. 1-15.
- AMARO, A. C. E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, cultivas em ambiente protegido**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2011.
- AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN-FILHO, A. **Manual de fitopatologia**. 4. ed. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2011. v. 1. 919 p.
- ANDREI, E. (Org.). **Compêndio de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola**. 9. ed. rev. e atual. São Paulo: Organização Andrei Editora Ltda., 2013. 1380 p.
- BARTLETT, 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**, Cambridge, v. 12, n. 4, p. 143-148, 2001.
- BARTLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODWIN, J. R.; HALL, A.; HAMER, M.; PARR-DOBRZANSKI, B. Review: the strobilurin fungicides. **Pest Management Science**, London, v. 58, p. 649-662. 2002.
- BASSANEZI, R. B.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; BERGER, R. D. Accounting for photosynthetic efficiency of bean leaves with rust, angular leaf spot and anthracnose to assess crop damage. **Plant Pathology**, Londres, v. 50, n. 4, p. 443-452, 2001.
- BECK, C.; OERKE, E. C.; DEHNE, H. W. Impact of strobilurins on physiology and yield formation of wheat. **Mededelingen (Rijksuniversiteit te Gent. Fakulteit van de Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen)**, Gent, v. 67, n. 2, p. 181-187, 2002.

- BERKELMANN-LOEHNERTZ, B.; DORN, C.; BAUS-REICHEL, O.; GRIEBEL, T. Impact of strobilurins on grapevine physiology under greenhouse conditions. **IOBC wprs Bulletin**, Portugal, v. 24, n. 7, p. 303-308, 2001.
- BEROVA, M.; ZLATEV, Z. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 30, p. 117-123, 2000.
- BERTELSEN, J. R.; DE NEERGAARD, E.; SMEDEGAARD-PETERSEN, V. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. **Plant Pathology**, London, v. 50, n. 2, p. 190-205, 2001.
- BETTIOL, W. Biopesticide use and research in Brazil. **Outlooks on Pest Management**, London, v. 22, n. 6, p. 280-283, 2011.
- BETTIOL, W.; GHINI, R. Controle biológico. In: BERGAMIN-FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1995. p. 717-729.
- BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B.; PINTO, Z. V.; PAULA JÚNIOR, T. P.; CORRÊA, E. B.; MOURA, A. B.; LUCON, C. M. M.; COSTA, J. C. B.; BEZERRA, J. L. **Produtos comerciais à base de agentes de biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012. 155 p.
- BIGGS, A. R. Reduction in transpiration and return bloom in apple by two sterol-inhibiting fungicides. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 11, p. 1403-1405, 1990.
- BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, Stanford, v. 170, n. 4, p. 489-504, 1987.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- BLUM, A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? **Australian Journal of Agricultural Research**, Brisbane, v. 56, n. 11, p. 1159-1168, 2005.
- CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. Nova York: J. Wiley, 1990. 532 p.
- CASAROLI, D.; FAGAN, E. B.; SIMON, J.; MEDEIROS, S. P.; MANFRON, P. A.; NETO, D. D.; VAN LIER, Q. J.; MÜLLER, L.; MARTIN, T. N. Radiação solar e aspectos fisiológicos na cultura de soja – uma revisão. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 14, n. 2, p. 102-120. 2007.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos**. Brasília: CONAB, set. 2015a. v. 2 – Safra 2014/2015, n. 12 – Décimo segundo levantamento. p. 1-134.

CONAB COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Soja Brasil** série de área plantada. 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&&Pagina_objcmsconteudos=3#A_objcmsconteudos>. Acesso em: 24 set. 2015b.

DARDIS, J. V.; WALSH, E. J. Control of *Fusarium* head blight in wheat under Irish growing conditions: current situation and future prospects. **Biology and Environment**, Dublin, v. 102B, n. 2, p. 93-103, nov. 2002.

DEBONA, D.; NASCIMENTO, K. J. T.; GOMES, J. G. O.; AUCIQUE-PÉREZ, C. E.; RODRIGUES, F. A. Physiological changes promoted by a strobilurin fungicide in the rice-Bipolaris oryzae. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 130, p. 8-16, nov. 2015.

DOURADO NETO, D. FAGAN, E. B.; MARTINS, K. V. **Top Ciência Basf:** caracterização fisiológica da ação da estrobilurina Piraclostrobina em trocas gasosas nas espécies de algodão, milho, soja e amendoim. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2011. 44 p.

ELLINGER, D.; NAUMANN, M.; FALTER, C.; ZWIKOWICS, C.; JAMROW, T.; MANISSERI, C.; SOMERVILLE, S. C.; VOIGT, C. A. Elevated early callose deposition results in complete penetration resistance to powdery mildew in Arabidopsis. **Plant Physiology**, Bethesda, v. 161, n. 3, p. 1433-1444, 2013.

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja Região Central do Brasil 2004:** doenças e medidas de controle. 2004a. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/doenca.htm>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil 2004:** a Soja no Brasil. 2004b. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em: 31 ago. 2015.

EMBRAPA EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **História da soja.** 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/historia>>. Acesso em: 17 nov. 2015.

FAGAN, E. B. **A cultura de soja: modelo de crescimento e aplicação da estrobilurina Piraclostrobina.** 2007. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FAGAN, E. B.; DOURADO NETO, D.; VIVIAN, R.; FRANCO, R. B.; YEDA, M. P.; MASSIGNAM, L. F.; OLIVEIRA, R. 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**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 771-777, 2010.

FALKER. **Como o índice ICF é calculado?** 2011. Disponível em: <<http://www.falker.com.br/base/article/AA-00299/0/Como-o-%C3%ADndice-ICF-%C3%A9-calculado.html>>. Acesso em: 05 dez. 2015.

FERNÁNDEZ-ORTUÑO, D.; TORÉS, J. A.; VICENTE, A.; PÉREZ-GARCÍA, A. The QoI fungicides, the rise and fall of a successful class of agricultural fungicides. In: CARISSE, O. (Ed.). **Fungicides**. Rijeka: Intech Open Access Publisher, 2010. p. 1-19.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos, jul. 2000. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, C. G. **Efeito da aplicação de Piraclostrobina no crescimento de plantas jovens de ipê roxo**. 2013. 9 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

FLETCHER, R. A.; GILLEY, A.; DAVIS, T. D.; SANKHLA, N. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticulture Reviews**, Milton, v. 24, p. 55-138, 2000.

FRAC – FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. **FRAC code list** ©*2016: fungicides sorted by mode of action (including FRAC code numbering). Newark: FRAC, 2016.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 12, p. 1-12, 2011.

GALLOTTI, G. J. M.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BACKES, R. L. Efeito da época de semeadura e da aplicação de fungicidas no pregresso da ferrugem asiática, oídio e doenças de final de ciclo na cultura da soja. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 4, n. 2, p. 87-93, 2005.

GALMÉS, J.; FLEXAS, J.; KEYS, A. J.; CIFRE, J.; MITCHELL, R. A. C.; MADGWICK, P. J.; HASLAM, R. P.; MEDRANO, H.; PARRY, M. A. J. 2005. Rubisco specificity factor tends to be larger in plant species from drier habitats and in species with persistent leaves. **Plant, Cell & Environment**, London, v. 28, n. 5, p. 571-579, 2005.

GAZZONI, D. L.; YORINORI, J. T. **Manual de identificação de pragas e de doenças da soja**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 128 p.

GENTY, B.; BRIANTAIS, J.M.; BAKER, N.R. 1989. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, Amsterdam, v. 990, n. 1, p. 87-92, 1989.

GHINI, R. Controle químico e resistência de oídios a fungicidas. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 145-164.

- GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2011. 356 p.
- 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**, Leuven, v. 914, p. 287-294, 2011.
- GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissue after application of the fungicide kresoxim-methyl. **Planta**, Stanford, v. 207, n. 3, p. 442-448, 1999.
- GODWIN, J. R.; BARTLETT, D. W.; HEANEY, S. P. Azoxystrobin: implications of biochemical mode of action, pharmacokinetics and resistance management for spray programmes against *Septoria* diseases of wheat. In: LUCAS, J. A.; BOWYER, P. ANDERSON, H. M. (Ed.). **Septoria on cereals: a study of pathosystems**. Wallingford, UK: CABI, 1999. p. 299-315.
- GODWIN, J. R.; BARTLETT, D. W.; CLOUGH, J. M.; GODFREY, C. R. A.; HARRISON, E. G.; MAUND, S. Picoxystrobin: a new strobilurin fungicide for use on cereals. In: BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE, Pests and Diseases, Brighton, 13-16 nov. 2000. **Proceedings...** Farnham: BCPC, 2000. p. 533-540.
- GOTZ, M.; BOYLE, C. Haustorial function during development of cleistothecia in *Blumeria graminis* f. sp. tritici. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 5, p. 507-511, 1998.
- GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim-methyl in wheat (*Triticum aestivum*). **Pesticide Science**, New York, v. 50, n. 1, p. 11-20, 1997.
- HABERMEYER, J.; GERHARD, M.; ZINKERNAGEL, V. The impact of strobilurins on the plant physiology of wheat. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 7., 1998, Glasgow. **Proceedings...** Glasgow: British Society of Plant Pathology, 1998. s.p.
- HAMADA, E.; GHINI, R.; GONÇALVES, R. R. V. Efeito da mudança climática sobre problemas fitossanitários de plantas: metodologia de elaboração de mapas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 3, p. 73-85, 2006.
- HANSEN, J.; SATO, M.; RUEDY, R.; LO, K.; LEA, D. W.; MEDINA-ELIZADE, M. Global temperature change. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 103, n. 39, p. 14288-14293, 2006.
- HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, 2014. 70 p.
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. Circular. **California Agricultural Experiment Station**, Riverside, v. 347, n. 2, p. 32, 1950.

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

IGARASHI, S.; OLIVEIRA, G. M.; CAMARGO, L. C. M.; FALKOSKI FILHO, J.; GARDIANO, C.G.; BALAN, M. G. Danos causados pela infecção de oídio em diferentes estádios fenológicos da soja. **Arquivo do Instituto Biológico de São Paulo**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 245-250, 2010.

IZUMI, K.; YAMAGUCHI, I.; WADA, A.; OSHIO, H.; TAKAHASHI, N. Effects of a new plants growth retardant E-1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)-1-peten-3-ol (S-3307) on the growth and gibberellin content of rice plants. **Plant and Cell Physiology**, Tóquio, v. 25, p. 611-617, 1984.

JADOSKI, C. J. **Efeitos fisiológicos da Piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

JIANG, A. C. D.; GAOB, H. Y.; ZOUB, Q.; JIANG, G. M.; LIA, L. H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v. 55, n. 1, p. 87-96, 2006.

JULIATTI, F. C.; BELOTI, I. F.; JULIATTI, B. C. M.; CRATO, F. F. Eficácia da associação de fungicidas e antibióticos no manejo da mancha branca do milho e seu efeito na produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1622-1630, 2014.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, B. C. M.; BELOTI, I. F.; BORIN, M. S. R.; CRATO, F. F.; JULIATTI, Fa. C. A moderna proteção de plantas, efeito fisiológico de fungicidas: a arte do controle de doenças em plantas e a sustentabilidade nos sistemas de produção. In: NEFIT-UFLA. (Org.). **Avanços na otimização do uso de defensivos agrícolas no manejo fitossanitário**. 1. ed. São Carlos: Suprema, 2012. v. 1. p. 126-160.

KEBEISH, R.; NIESSEN, M.; THIRUVEEDHI, K.; BARI, R.; HIRSCH, H-J.; ROSENFRAHNZ, R.; STÄBLER, N.; SCHÖNFELD, B.; KREUZALER, F.; PETERHÄNSEL, C. Chloroplastic photorespiratory bypass increases photosynthesis and biomass production in *Arabidopsis thaliana*. **Nature biotechnology**, Aachen, v. 25, n. 5, p. 593-599, 2007.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. 431 p.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. CAMARGO, L. E. A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2. 663 p.

- KÖHLE, H.; GOLD, R.E.; AMMERMAN, E.; SAUTER, H.; ROEHL, F. Biokinetic properties of Bas 490F and some related compounds. **Biochemical Society Transaction**, Londres, v. 22, p. 65, 1994.
- KÖHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of the strobilurin fungicide F500 on plants. In: DEHNE, H.-W.; GISI, U.; KUCK, K. H.; RUSSELL, P. E.; LYR, H. (Ed.). **Modern fungicides and antifungal compounds III**. Andover: Intercept, 2002. p. 61-74.
- KÖPPEN, W. **Climatología**: con un estudio de los climas de la tierra. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- KUS, C.; ALTANLAR, N. Synthesis of some new benzimidazole carbamate derivatives for evaluation of antifungal activity. **Turkish Journal of Chemistry**, Alanya, v. 27, n. 1, p. 35-40, 2003.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F. S.; PONS, T. L. **Plant physiological ecology**. 2. ed. Amsterdã: Springer, 2008. 605 p.
- LANNA-FILHO, R., Fitobactérias na cultura da soja. In: LEMES, E. M.; CASTRO, L. H. S.; ASSIS, R. T. (Org.). **Doenças da soja**: melhoramento genético e técnica de manejo. Campinas: Millennium, 2015. p. 83-92.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.
- LARCHER, W.; CERNUSCA, A. Mikrocomputergesteuerte mobile Anlage zum fluorometrischen Nachweis von Photosynthesestörungen. **Bericht der Österreichische Akademie der Wissenschaften**, Viena, v. 194, p. 45-64, 1985.
- LEEGOOD, R.C. C4 photosynthesis: principles of CO2 concentration and prospects for its introduction into C3 plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxon, v. 53, n. 369, p. 581-590, 2002.
- LOPEZ, S. E.; RIVERA, M. C. Biología y patología de los oídios. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 59-78.
- MACEDO, A. C. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de melão rendilhado, cultivadas em ambiente protegido**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.
- MAPA MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Soja**. 2015. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 24 set. 2015.
- MATEUS, R.P. G., SILVA, C. M. Avanços biotecnológicos na cultura da soja. **Campo Digital: Revista Ciências Exatas e da Terra e Ciências Agrárias**, Campo Mourão, v. 8, n. 2, p. 23-27, 2013.

- MENEZES, M.; OLIVEIRA, S. M. A. **Fungos fitopatogênicos**. Recife: UFRPE Imprensa Universitária, 1993. 277 p.
- MIGNUCCI, J. S.; BOYER, J. S. Inhibition of photosynthesis and transpiration in soybean infected by *Microsphaera diffusa*. **Phytopathology**, Lancaster, v. 69, n. 3, p. 227-230, 1979.
- MIGNUCCI, J. S.; CAHMBERLAIN, D. W. Interactions of *Microsphaera diffusa* with soybeans and other legumes. **Phytopathology**, Lancaster, v. 68, p. 169-173, 1978.
- MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. Controle biológico de doenças de plantas no Brasil. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. (Ed.). **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2009. p. 7-14.
- NAGEL, L.; BREWSTER, R.; RIEDELL, W. E.; REESE, R. N. Cytokinin regulation of flower and pod set in soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). **Annals of Botany**, Oxford, v. 88, n. 1, p. 27-31, 2001.
- NASON, M. A.; FARRAR, J.; BARTLETT, D. Strobilurin fungicides induce changes in photosynthetic gas exchange that do not improve water use efficiency of plants grown under conditions of water stress. **Pest Management Science**, London, v. 63, n. 12, p. 1191-1200, 2007.
- NOBRE, C. A.; OYAMA, M. D.; OLIVEIRA, G. S.; MARENGO, J. A.; SALATI, E. Impact of climate change scenarios for 2100 on the biomes of South America. In: INTERNATIONAL CLIVAR CONFERENCE, 1., Baltimore, 2004. **Proceedings...** Baltimore: Clivar, 2004. p. 21-25.
- NC SOY NORTH CAROLINA SOYBEAN PRODUCERS ASSOCIATION. **History of soybeans**. 2015. Disponível em: <<http://ncsoy.org/media-resources/history-of-soybeans/>>._Acesso em: 17 nov. 2015.
- PALLU, A. P. S. **Potencial biotecnológico de fungos do gênero *Penicillium* e interação com cana-de-açúcar**. 2010. 129 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- PEARSON, K. Mathematical contributions to the theory of evolution. III. Regression, heredity and panmixia. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, v. 187, p. 253-318, 1896.
- PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; MARIN, F. R. Mudanças climáticas globais e a agricultura no Brasil. **Revista Multiciência**, Campinas, n. 8, p. 139-162, 2007.
- POLIZEL, A. C.; JULIATTI, F. C. Quantificação de doenças foliares da soja por escalas diagramáticas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 1-9, 2010.
- RODRIGUES, M. A. T. **Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC**. 2006. 249 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –

Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2006.

RODRIGUES, M. A. T. **Avaliação do efeito fisiológico do uso de fungicidas na cultura de soja**. 2009. 197 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

RODRIGUES, J. D.; ONO, E. O.; FOLONI, L. L. Efeito da aplicação de uniconazole na cultura da soja [(*Glycine max* (L.) Merrill cv IAC-17)]. **Ciência Agrícola**, Piracicaba, v. 55, n. 2, p. 313-319, maio 1998.

SALADIN, G.; MAGNÉ, C.; CLÉMENT, C. Effects of fludioxonil and pyrimethanil, two fungicides used against *Botrytis cinerea*, on carbohydrate physiology in *Vitis vinifera* L. **Pest Management Science**, London, v. 59, n. 10, p. 1083-1092, 2003.

SANTOS, M. A. Fitonematoides. In: LEMES, E. M.; CASTRO, L. H. S.; ASSIS, R. T. (Org.). **Doenças da soja**: melhoramento genético e técnica de manejo. Campinas: Millennium, 2015. p. 107-117.

SARTORATO, A.; YORINORI, J. T. Oídios de leguminosas: feijoeiro e soja. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 255-284.

SHIMAZAKI, K.; DOI, M.; ASSMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annu. Rev. Plant Biol.**, Stanford, v. 58, p. 219-247, 2007.

SHTIENBERG, D. Effects of foliar diseases on gas exchange processes: a comparative study. **Phytopathology**, Lancaster, v. 82, n. 7, p. 760-765, 1992.

SILVA, F. N.; ZANARDO, L. G.; BARROS, D. R.; CARVALHO, C. M. Viroses da soja. In: LEMES, E. M.; CASTRO, L. H. S.; ASSIS, R. T. (Org.). **Doenças da soja**: melhoramento genético e técnica de manejo. Campinas: Millennium, 2015. p. 93-106.

SINCLAIR, J. B. Powdery mildew. In: HARTMAN, G. L.; SINCLAIR, J. B.; RUPE, J. C. (Ed.). **Compendium of soybean diseases**. St. Paul: Amer Phytopathological Society, 1999. v. 4. 100 p.

SIQUEIRA, O. J. W.; STEINMETZ, S.; SALLES, L. A. B.; FERNANDES, J. M. Efeitos potenciais das mudanças climáticas na agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. In: LIMA, M. A.; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 65-96.

STADNIK, M. J. História e taxonomia de oídios. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 3-30.

STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 484 p.

STADNIK, M. J.; MAZZAFERA, P. Interações oídio-hospedeiro. In: STADNIK, M. J.; RIVERA, M. C. (Ed.). **Oídios**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2001. p. 79-118.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TANAKA, M. A. S.; ITO, M. D.; DUDIENAS, C.; MIRANDA, M. A. C. Desenvolvimento do oídio da soja em casa de vegetação. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 19, n. 2, p. 125-126, 1993.

VÁZQUEZ GARCÍA, G. **Mejora de la eficacia de *Penicillium oxalicum* como agente de biocontrol en enfermedades de plantas hortícolas**. 2013. 304 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2013.

VEIGA, J. S. **Análise dos efeitos secundários decorrentes da aplicação de fungicidas sistêmicos à cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*)**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

VENÂNCIO, W. S. RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. L. Physiological effects os strobrilurin fungicides on plants. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, Ponta Grossa, v. 9, n. 3, p. 59-68, 2003.

VENÂNCIO, W. S.; ZAGONEL, J.; FURTADO, E. L.; SOUZA, N. L. Novos fungicidas. I – produtos naturais e derivados sintéticos: estrobilurinas e fenilpirroles. In: LUZ, W. C.; FERNANDES, J. M.; PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 7, p.103-55, 1999.

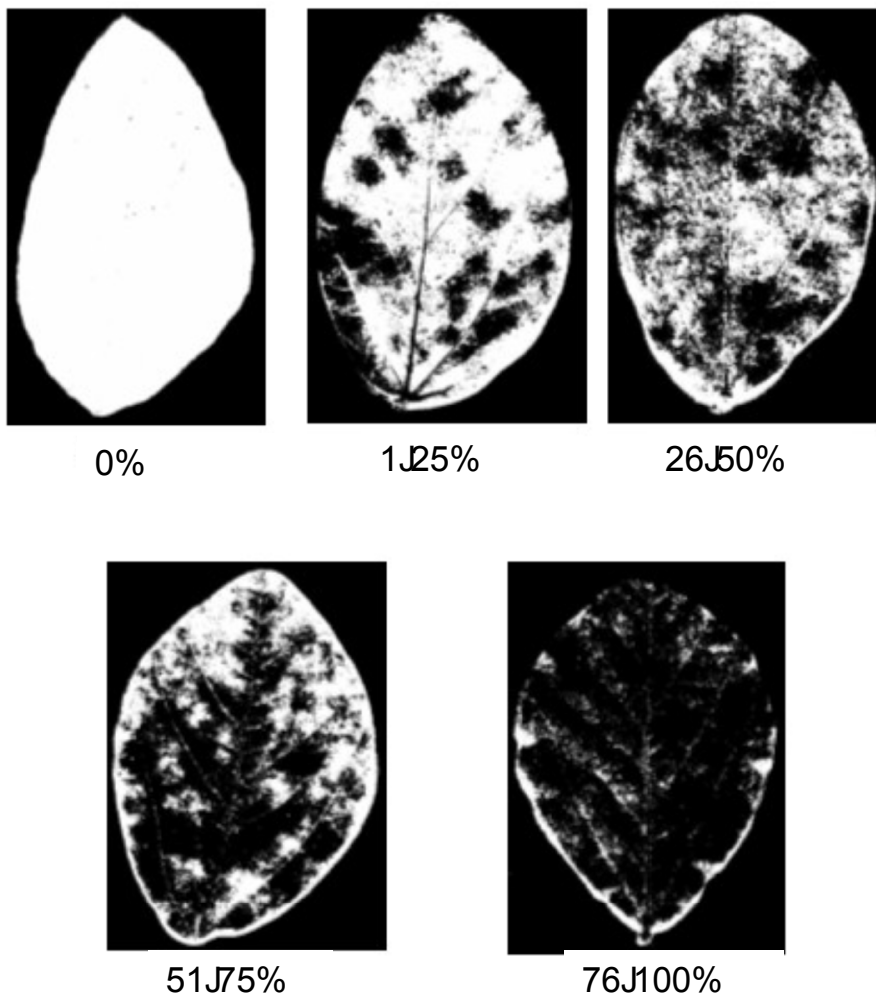
XAVIER, S. A.; MELLO, F. E.; CANTERI, M. G.; GODOY, C. V. Fotossíntese de folhas de soja infectadas por *Corynespora cassiicola* e *Erysiphe diffusa*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 41, n. 2, p. 156-159, 2015.

YORINORI, J. T. **Oídio da soja**. Londrina: Embrapa - CNPSo, 1997a. 5 p.

YORINORI, J. T. Determinação de perdas em soja causadas por doenças fúngicas. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. **Resultados de pesquisa da Embrapa Soja 1996**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1997b. p. 104-106.

ANEXOS

ANEXO A – Escala diagramática do oídio da soja de Polizel e Juliatti (2010)



ANEXO B - Pressuposições do modelo de análise de variância

Anexo 1B - Homogeneidade das variâncias

Teste de Homogeneidade das Variâncias (Teste de Levene)				
	F	df1	df2	Sig.
Resíduo de AACP1ClorA	,928	9	50	,509
Resíduo de AACP2ClorA	1,118	9	50	,368
Resíduo de AACP3ClorA	,704	9	50	,702
Resíduo de AACP1ClorB	2,813	9	50	,009
Resíduo de AACP2ClorB	,770	9	50	,644
Resíduo de AACP3ClorB	,626	9	50	,769
Resíduo de AACP1ClorT	1,503	9	50	,173
Resíduo de AACP2ClorT	1,110	9	50	,373
Resíduo de AACP3ClorT	,653	9	50	,746
Resíduo de AACP1AB	2,504	9	50	,019
Resíduo de AACP2AB	,381	9	50	,939
Resíduo de AACP3AB	,594	9	50	,796
Resíduo de AACP1ci	1,631	9	50	,132
Resíduo de AACP2ci	1,027	9	50	,432
Resíduo de AACP3ci	,978	9	50	,469
Resíduo de AACP1E	1,215	9	50	,307
Resíduo de AACP2E	1,312	9	50	,255
Resíduo de AACP3E	1,890	9	50	,075
Resíduo de AACP1gs	1,174	9	50	,332
Resíduo de AACP2gs	1,597	9	50	,142
Resíduo de AACP3gs	1,739	9	50	,105
Resíduo de AACP1A	,678	9	50	,725
Resíduo de AACP2A	,752	9	50	,660
Resíduo de AACP3A	1,862	9	50	,080
Resíduo de AACP1AE	,414	9	50	,922
Resíduo de AACP2AE	,482	9	50	,880
Resíduo de AACP3AE	1,225	9	50	,301
Resíduo de AACP1Ags	1,226	9	50	,301
Resíduo de AACP2Ags	1,781	9	50	,095
Resíduo de AACP3Ags	,830	9	50	,592
Resíduo de AACP1Aci	,794	9	50	,624
Resíduo de AACP2Aci	,886	9	50	,544
Resíduo de AACP3Aci	1,764	9	50	,099
Resíduo de AACP1EscY	,932	9	50	,506
Resíduo de AACP2EscY	1,082	9	50	,393
Resíduo de AACP3EscY	1,691	9	50	,116
Resíduo de AACP1ClaY	1,215	9	50	,307
Resíduo de AACP2ClaY	,736	9	50	,674
Resíduo de AACP3ClaY	1,095	9	50	,383
Resíduo de AACP1Sev	2,511	9	50	,019
Resíduo de AACP2Sev	2,642	9	50	,014
Resíduo de AACP3Sev	1,966	9	50	,064
Resíduo de AACPTClorA	,618	9	50	,776

... continua...

Anexo 1B - Homogeneidade das variâncias, Cont.

Resíduo de AACPTClorB	,317	9	50	,966
Resíduo de AACPTClorT	,464	9	50	,892
Resíduo de AACPTClorAB	,580	9	50	,807
Resíduo de AACPTci	1,454	9	50	,191
Resíduo de AACPTE	1,403	9	50	,212
Resíduo de AACPTgs	2,174	9	50	,040
Resíduo de AACPTA	,427	9	50	,914
Resíduo de AACPTAE	,581	9	50	,806
Resíduo de AACPTAgS	1,447	9	50	,194
Resíduo de AACPTAci	,317	9	50	,966
Resíduo de AACPTEscY	1,151	9	50	,346
Resíduo de AACPTClay	,680	9	50	,723
Resíduo de AACPTSev	1,119	9	50	,367
Resíduo de PROD	1,033	9	50	,428

Testa a hipótese nula de que a variância do erro da variável dependente é igual entre os grupos.

Nota: F=estatística F; dfl=graus de liberdade do numerador; df2=graus de liberdade do denominador; Sig.=significância; AACP1ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila *a* no primeiro período; AACP2ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila *a* no segundo período; AACP3ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila *a* no terceiro período; AACP1ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila *b* no primeiro período; AACP2ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila *b* no segundo período; AACP3ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila *b* no terceiro período; AACP1ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a+b* no primeiro período; AACP2ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a+b* no segundo período; AACP3ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a+b* no terceiro período; AACP1AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a/b* no primeiro período; AACP2AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a/b* no segundo período; AACP3AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a/b* no terceiro período; AACP1ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no primeiro período; AACP2ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no segundo período; AACP3ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no terceiro período; AACP1E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no primeiro período; AACP2E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no segundo período; AACP3E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no terceiro período; AACP1gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no primeiro período; AACP2gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no segundo período; AACP3gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no terceiro período; AACP1A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no primeiro período; AACP2A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no segundo período; AACP3A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no terceiro período; AACP1AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no primeiro período; AACP2AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no segundo período; AACP3AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no terceiro período; AACP1AgS=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no primeiro período; AACP2AgS=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no segundo período; AACP3AgS=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no terceiro período; AACP1Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no primeiro período; AACP2Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no segundo período; AACP3Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no terceiro período; AACP1EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no primeiro período; AACP2EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no segundo período; AACP3EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no terceiro período; AACP1Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no primeiro período; AACP2Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no segundo período; AACP3Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no terceiro período; AACP1Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACP2Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no segundo período; AACP3Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no terceiro período; AACPTClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila *a* ao final do período experimental; AACPTClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila *b* ao final do período experimental; AACPTClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas *a+b* ao final do período experimental; AACPTci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno ao final do período experimental; AACPTE=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração ao final do período experimental; AACPTgs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática ao final do período experimental; AACPTA=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética ao final do período experimental; AACPTAE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água ao final do período experimental; AACPTAgS=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água ao final do período experimental; AACPTAci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação ao final do período experimental; AACPTEscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial ao final do período experimental; AACPTClay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo ao final do período experimental; AACPTSev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=produção de massa seca de grãos.

Anexo 2B - Normalidade dos resíduos

Teste de Normalidade dos resíduos						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estatística	df	Sig.	Estatística	df	Sig.
Resíduo de AACP1ClorA	,084	60	,200*	,970	60	,150
Resíduo de AACP2ClorA	,058	60	,200*	,988	60	,835
Resíduo de AACP3ClorA	,085	60	,200*	,985	60	,686
Resíduo de AACP1ClorB	,057	60	,200*	,970	60	,152
Resíduo de AACP2ClorB	,078	60	,200*	,982	60	,498
Resíduo de AACP3ClorB	,081	60	,200*	,978	60	,346
Resíduo de AACP1ClorT	,122	60	,027	,897	60	,000
Resíduo de AACP2ClorT	,046	60	,200*	,995	60	,998
Resíduo de AACP3ClorT	,060	60	,200*	,988	60	,803
Resíduo de AACP1AB	,074	60	,200*	,969	60	,133
Resíduo de AACP2AB	,083	60	,200*	,980	60	,428
Resíduo de AACP3AB	,095	60	,200*	,983	60	,589
Resíduo de AACP1ci	,075	60	,200*	,983	60	,592
Resíduo de AACP2ci	,093	60	,200*	,967	60	,099
Resíduo de AACP3ci	,104	60	,167	,974	60	,240
Resíduo de AACP1E	,106	60	,088	,972	60	,180
Resíduo de AACP2E	,067	60	,200*	,991	60	,935
Resíduo de AACP3E	,115	60	,046	,955	60	,027
Resíduo de AACP1gs	,078	60	,200*	,975	60	,264
Resíduo de AACP2gs	,064	60	,200*	,988	60	,819
Resíduo de AACP3gs	,116	60	,045	,912	60	,000
Resíduo de AACP1A	,072	60	,200*	,988	60	,813
Resíduo de AACP2A	,099	60	,200*	,980	60	,427
Resíduo de AACP3A	,122	60	,026	,953	60	,021
Resíduo de AACP1AE	,074	60	,200*	,974	60	,229
Resíduo de AACP2AE	,073	60	,200*	,978	60	,333
Resíduo de AACP3AE	,070	60	,200*	,986	60	,728
Resíduo de AACP1Ags	,073	60	,200*	,983	60	,572
Resíduo de AACP2Ags	,099	60	,200*	,945	60	,009
Resíduo de AACP3Ags	,090	60	,200*	,983	60	,563
Resíduo de AACP1Aci	,056	60	,200*	,992	60	,973
Resíduo de AACP2Aci	,050	60	,200*	,992	60	,957
Resíduo de AACP3Aci	,109	60	,075	,966	60	,088
Resíduo de AACP1EscY	,076	60	,200*	,984	60	,618
Resíduo de AACP2EscY	,079	60	,200*	,983	60	,559
Resíduo de AACP3EscY	,093	60	,200*	,957	60	,034
Resíduo de AACP1ClaY	,085	60	,200*	,974	60	,232
Resíduo de AACP2ClaY	,052	60	,200*	,988	60	,832
Resíduo de AACP3ClaY	,072	60	,200*	,984	60	,600
Resíduo de AACP1Sev	,067	60	,200*	,983	60	,579
Resíduo de AACP2Sev	,106	60	,090	,970	60	,151
Resíduo de AACP3Sev	,099	60	,200*	,973	60	,214
Resíduo de AACPTClorA	,100	60	,200*	,975	60	,251
Resíduo de AACPTClorB	,108	60	,080	,971	60	,171

... continua...

Anexo 2B - Normalidade dos resíduos, Cont.

Resíduo de AACPTClorT	,079	60	,200*	,985	60	,660
Resíduo de AACPTClorAB	,059	60	,200*	,979	60	,396
Resíduo de AACPTci	,081	60	,200*	,970	60	,142
Resíduo de AACPTe	,067	60	,200*	,983	60	,569
Resíduo de AACPTgs	,084	60	,200*	,984	60	,630
Resíduo de AACPTA	,113	60	,053	,953	60	,023
Resíduo de AACPTAE	,051	60	,200*	,991	60	,949
Resíduo de AACPTAgs	,079	60	,200*	,982	60	,498
Resíduo de AACPTAci	,111	60	,063	,949	60	,013
Resíduo de AACPTEscY	,085	60	,200*	,967	60	,106
Resíduo de AACPTClay	,092	60	,200*	,977	60	,308
Resíduo de AACPTSev	,089	60	,200*	,968	60	,123
Resíduo de PROD	,097	60	,200*	,960	60	,047

*. Este é um limite inferior da verdadeira significância.

a. Correção de significância de Lilliefors.

Nota: df=graus de liberdade; Sig.=significância; AACPTClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a no primeiro período; AACPTClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b no primeiro período; AACPTClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b no primeiro período; AACPTClorAB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b no primeiro período; AACPTci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no primeiro período; AACPTe=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no primeiro período; AACPTgs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no primeiro período; AACPTA=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no primeiro período; AACPTAE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no primeiro período; AACPTAgs=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no primeiro período; AACPTAci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no primeiro período; AACPTEscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no primeiro período; AACPTClay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no primeiro período; AACPTSev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACPTClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a ao final do período experimental; AACPTClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b ao final do período experimental; AACPTClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b ao final do período experimental; AACPTClorAB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b ao final do período experimental; AACPTci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno ao final do período experimental; AACPTe=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração ao final do período experimental; AACPTgs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática ao final do período experimental; AACPTA=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética ao final do período experimental; AACPTAE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea ao final do período experimental; AACPTAgs=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca ao final do período experimental; AACPTAci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação ao final do período experimental; AACPTEscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial ao final do período experimental; AACPTClay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo ao final do período experimental; AACPTSev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=produção de massa seca de grãos.

Anexo 3B - Aditividade de blocos

		Teste de Aditividade de Blocos Segundo Teste de Tukey				
		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
AACP1ClorA	Não aditividade	4748,380	1	4748,380	13,082	,001
AACP2ClorA	Não aditividade	78,371	1	78,371	,189	,666
AACP3ClorA	Não aditividade	669,686	1	669,686	,533	,469
AACP1ClorB	Não aditividade	306,446	1	306,446	2,071	,157
AACP2ClorB	Não aditividade	99,489	1	99,489	,588	,447
AACP3ClorB	Não aditividade	61,552	1	61,552	,123	,727
AACP1ClorT	Não aditividade	16246,210	1	16246,210	13,532	,001
AACP2ClorT	Não aditividade	1671,202	1	1671,202	1,744	,193
AACP3ClorT	Não aditividade	1269,193	1	1269,193	,392	,535
AACP1AB	Não aditividade	1,999	1	1,999	,104	,748
AACP2AB	Não aditividade	1,535	1	1,535	,114	,737
AACP3AB	Não aditividade	24,824	1	24,824	,516	,476
AACP1ci	Não aditividade	9112,690	1	9112,690	,733	,397
AACP2ci	Não aditividade	26,844	1	26,844	,001	,980
AACP3ci	Não aditividade	73152,479	1	73152,479	,919	,343
AACP1E	Não aditividade	7,096	1	7,096	,383	,539
AACP2E	Não aditividade	61,558	1	61,558	1,861	,179
AACP3E	Não aditividade	12,983	1	12,983	,199	,658
AACP1gs	Não aditividade	,122	1	,122	,246	,622
AACP2gs	Não aditividade	,459	1	,459	,717	,402
AACP3gs	Não aditividade	1,421	1	1,421	1,822	,184
AACP1A	Não aditividade	457,246	1	457,246	,834	,366
AACP2A	Não aditividade	4275,953	1	4275,953	4,406	,042
AACP3A	Não aditividade	99,081	1	99,081	,058	,811
AACP1AE	Não aditividade	3,680	1	3,680	,161	,690
AACP2AE	Não aditividade	9,679	1	9,679	,301	,586
AACP3AE	Não aditividade	17,409	1	17,409	,236	,629
AACP1Ags	Não aditividade	2089,503	1	2089,503	,689	,411
AACP2Ags	Não aditividade	,048	1	,048	,000	,999
AACP3Ags	Não aditividade	26598,887	1	26598,887	1,112	,297
AACP1Aci	Não aditividade	,035	1	,035	2,322	,135
AACP2Aci	Não aditividade	,078	1	,078	2,834	,099
AACP3Aci	Não aditividade	,001	1	,001	,038	,847
AACP1EscY	Não aditividade	,001	1	,001	,036	,850
AACP2EscY	Não aditividade	,053	1	,053	2,120	,152
AACP3EscY	Não aditividade	,046	1	,046	,692	,410
AACP1ClaY	Não aditividade	,036	1	,036	,115	,736
AACP2ClaY	Não aditividade	,274	1	,274	,399	,531
AACP3ClaY	Não aditividade	,164	1	,164	,129	,721
AACP1Sev	Não aditividade	6970,621	1	6970,621	2,436	,126
AACP2Sev	Não aditividade	14479,791	1	14479,791	,214	,646
AACP3Sev	Não aditividade	88916,536	1	88916,536	9,510	,004
AACPTClorA	Não aditividade	457,639	1	457,639	,148	,702
AACPTClorB	Não aditividade	3269,949	1	3269,949	3,265	,078

... continua...

Anexo 3B - Aditividade de blocos, Cont.

AACPTClorT	Não aditividade	11070,334	1	11070,334	1,530	,223
AACPTClorAB	Não aditividade	8,185	1	8,185	,085	,773
AACPTci	Não aditividade	164955,398	1	164955,398	,709	,404
AACPTe	Não aditividade	195,325	1	195,325	,794	,378
AACPTgs	Não aditividade	2,985	1	2,985	,919	,343
AACPTA	Não aditividade	8152,215	1	8152,215	1,487	,229
AACPTAE	Não aditividade	715,438	1	715,438	3,502	,068
AACPTAgs	Não aditividade	24147,471	1	24147,471	,291	,592
AACPTAci	Não aditividade	,049	1	,049	,358	,552
AACPTEscY	Não aditividade	,040	1	,040	,238	,628
AACPTClay	Não aditividade	4,401	1	4,401	1,692	,200
AACPTSev	Não aditividade	6970,621	1	6970,621	2,436	,126
PROD	Não aditividade	2,245	1	2,245	,554	,460

Nota: F=estatística F; df=graus de liberdade; Sig.=significância; AACP1ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a no primeiro período; AACP2ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a no segundo período; AACP3ClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a no terceiro período; AACP1ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b no primeiro período; AACP2ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b no segundo período; AACP3ClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b no terceiro período; AACP1ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b no primeiro período; AACP2ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b no segundo período; AACP3ClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b no terceiro período; AACP1AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a/b no primeiro período; AACP2AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a/b no segundo período; AACP3AB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a/b no terceiro período; AACP1ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no primeiro período; AACP2ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no segundo período; AACP3ci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno no terceiro período; AACP1E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no primeiro período; AACP2E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no segundo período; AACP3E=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração no terceiro período; AACP1gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no primeiro período; AACP2gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no segundo período; AACP3gs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática no terceiro período; AACP1A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no primeiro período; AACP2A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no segundo período; AACP3A=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética no terceiro período; AACP1AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no primeiro período; AACP2AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no segundo período; AACP3AE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água no terceiro período; AACP1Ags=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no primeiro período; AACP2Ags=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no segundo período; AACP3Ags=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água no terceiro período; AACP1Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no primeiro período; AACP2Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no segundo período; AACP3Aci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação no terceiro período; AACP1EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no primeiro período; AACP2EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no segundo período; AACP3EscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial no terceiro período; AACP1Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no primeiro período; AACP2Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no segundo período; AACP3Clay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo no terceiro período; AACP1Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACP2Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no segundo período; AACP3Sev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no terceiro período; AACPTClorA=área abaixo da curva de progressão da clorofila a ao final do período experimental; AACPTClorB=área abaixo da curva de progressão da clorofila b ao final do período experimental; AACPTClorT=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a+b ao final do período experimental; AACPTClorAB=área abaixo da curva de progressão das clorofilas a/b ao final do período experimental; AACPTci=área abaixo da curva de progressão do carbono interno ao final do período experimental; AACPTe=área abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração ao final do período experimental; AACPTgs=área abaixo da curva de progressão da condutância estomática ao final do período experimental; AACPTA=área abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética ao final do período experimental; AACPTAE=área abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água ao final do período experimental; AACPTAgs=área abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água ao final do período experimental; AACPTAci=área abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação ao final do período experimental; AACPTEscY=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial ao final do período experimental; AACPTClay=área abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo ao final do período experimental; AACPTSev=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=produção de massa seca de grãos.

ANEXO C

Anexo 1C - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da taxa fotossintética em cada período isoladamente

1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	294,757706	294,757706	0,540	0,4663
TRAT	4	2520,752474	630,188118	1,154	0,3436
CULT*TRAT	4	3632,036124	908,009031	1,663	0,1752
BLOCO	5	10514,505369	2102,901074	3,852	0,0055
erro	45	24569,276111	545,983914		
Total corrigido	59	41531,327784			
CV (%) =	5,93				
Média geral:	394,2368683	Número de observações:	60		

2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	5686,254387	5686,254387	5,447	0,0241
TRAT	4	22431,132563	5607,783141	5,372	0,0013
CULT*TRAT	4	6837,544455	1709,386114	1,637	0,1814
BLOCO	5	2959,932979	591,986596	0,567	0,7247
erro	45	46975,679038	1043,903979		
Total corrigido	59	84890,543421			
CV (%) =	14,52				
Média geral:	222,5009650	Número de observações:	60		

3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	4496,201682	4496,201682	2,669	0,1093
TRAT	4	3917,453023	979,363256	0,581	0,6777
CULT*TRAT	4	10226,739263	2556,684816	1,517	0,2132
BLOCO	5	5158,839842	1031,767968	0,612	0,6909
erro	45	75818,104310	1684,846762		
Total corrigido	59	99617,338120			
CV (%) =	24,41				
Média geral:	68,1620983	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2C - Médias dos valores reais da taxa fotossintética em cada período isoladamente

Taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	20,24	20,64	20,83	21,13	20,87
	2º	13,46	19,03	16,72	16,41	17,25
	3º	8,01	7,45	8,19	7,43	6,65
Santa Cruz	1º	20,49	21,53	20,89	19,93	19,99
	2º	13,66	14,97	16,47	14,45	16,75
	3º	7,47	9,46	7,88	7,36	8,92

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO D

Anexo 1D - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da taxa de transpiração em cada período isoladamente

1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	50,557014	50,557014	2,767	0,1032
TRAT	4	45,921652	11,480413	0,628	0,6448
CULT*TRAT	4	30,806031	7,701508	0,422	0,7922
BLOCO	5	982,263351	196,452670	10,753	0,0000
erro	45	822,163522	18,270300		
Total corrigido	59	1931,711570			
CV (%) =	4,31				
Média geral:	99,1980417	Número de observações:	60		

2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	18,446441	18,446441	0,547	0,4633
TRAT	4	366,943001	91,735750	2,722	0,0411
CULT*TRAT	4	96,480959	24,120240	0,716	0,5857
BLOCO	5	1728,623503	345,724701	10,257	0,0000
erro	45	1516,765696	33,705904		
Total corrigido	59	3727,259600			
CV (%) =	8,71				
Média geral:	66,6859733	Número de observações:	60		

3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	549,912678	549,912678	8,572	0,0053
TRAT	4	274,849663	68,712416	1,071	0,3820
CULT*TRAT	4	749,592074	187,398018	2,921	0,0313
BLOCO	5	1280,882742	256,176548	3,993	0,0044
erro	45	2886,906331	64,153474		
Total corrigido	59	5742,143488			
CV (%) =	15,21				
Média geral:	52,6674100	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2D - Médias dos valores reais da taxa de transpiração em cada período isoladamente

Taxa de transpiração (mmol m⁻² s⁻¹ H₂O)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	5,09	5,13	5,03	5,09	5,02
	2º	4,48	5,06	4,60	4,63	4,67
	3º	2,46	2,30	2,49	2,34	2,14
Santa Cruz	1º	5,11	5,27	5,22	5,08	5,16
	2º	4,56	4,91	4,86	4,62	4,98
	3º	2,40	2,92	2,56	2,37	2,79

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO E

Anexo 1E - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da condutância estomática dos resultados finais (análise geral)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	0,488343	0,488343	0,151	0,6998
TRAT	4	49,328023	12,332006	3,803	0,0095
CULT*TRAT	4	37,651472	9,412868	2,903	0,0321
BLOCO	5	48,944231	9,788846	3,019	0,0196
erro	45	145,904111	3,242314		
Total corrigido	59	282,316180			
CV (%) =	9,43				
Média geral:	19,0924333	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2E - Médias dos valores reais da condutância estomática dos resultados finais (análise geral)

Condutância estomática ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)					
Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	0,29	0,31	0,32	0,31	0,30
Santa Cruz	0,29	0,33	0,33	0,27	0,32

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO F

Anexo 1F - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão de carbono interno dos resultados finais (análise geral)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	164409,562652	164409,562652	0,712	0,4033
TRAT	4	719474,677375	179868,669344	0,779	0,5450
CULT*TRAT	4	2791712,014096	697928,003524	3,021	0,0273
BLOCO	5	4749952,410773	949990,482155	4,112	0,0037
erro	45	10395221,761573	231004,928035		
Total corrigido	59	18820770,426469			
CV (%) =	3,13				
Média geral:	15339,6939383	Número de observações:		60	

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2F - Médias dos valores reais de carbono interno dos resultados finais (análise geral)

Carbono interno (mol m ⁻² s ⁻¹ CO ₂)					
Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	248,23	237,49	245,82	244,53	238,63
Santa Cruz	240,30	246,64	247,69	240,30	247,24

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO G

Anexo 1G - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da eficiência instantânea no uso da água em cada período isoladamente

1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	63,579656	63,579656	2,841	0,0988
TRAT	4	20,030028	5,007507	0,224	0,9237
CULT*TRAT	4	134,095672	33,523918	1,498	0,2187
BLOCO	5	590,600560	118,120112	5,279	0,0007
erro	45	1006,929162	22,376204		
Total corrigido	59	1815,235078			
CV (%) =	6,06				
Média geral:	78,0293883	Número de observações:	60		

2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	299,950010	299,950010	9,540	0,0034
TRAT	4	477,606870	119,401718	3,798	0,0096
CULT*TRAT	4	164,784509	41,196127	1,310	0,2806
BLOCO	5	1277,444667	255,488933	8,126	0,0000
erro	45	1414,817035	31,440379		
Total corrigido	59	3634,603092			
CV (%) =	11,88				
Média geral:	47,1986783	Número de observações:	60		

3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	2,190809	2,190809	0,030	0,8630
TRAT	4	25,006995	6,251749	0,086	0,9864
CULT*TRAT	4	42,585294	10,646324	0,146	0,9637
BLOCO	5	3733,020420	746,604084	10,266	0,0000
erro	45	3272,566395	72,723698		
Total corrigido	59	7075,369913			
CV (%) =	12,50				
Média geral:	68,2389183	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2G - Médias dos valores reais da eficiência instantânea no uso da água em cada período isoladamente

Eficiência instantânea no uso da água ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2 / \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	4,11	4,17	4,27	4,30	4,31
	2º	3,02	3,77	3,67	3,60	3,71
	3º	3,29	3,20	3,26	3,28	3,13
Santa Cruz	1º	4,20	4,22	4,15	4,06	4,06
	2º	3,08	3,09	3,48	3,14	3,42
	3º	3,25	3,31	3,24	3,14	3,24

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO H

Anexo 1H - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da eficiência intrínseca no uso da água dos resultados finais (análise geral)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	40467,887557	40467,887557	0,496	0,4850
TRAT	4	573142,896270	143285,724068	1,756	0,1545
CULT*TRAT	4	1424288,132100	356072,033025	4,363	0,0046
BLOCO	5	856461,258955	171292,251791	2,099	0,0830
erro	45	3672584,010934	81612,978021		
Total corrigido	59	6566944,185816			
CV (%) =	8,32				
Média geral:	3434,4649700	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2H - Médias dos valores reais da eficiência intrínseca no uso da água dos resultados finais (análise geral)

Eficiência intrínseca no uso da água ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$ / gs, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{H}_2\text{O}$)					
Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	52,67	56,31	51,95	53,27	56,83
Santa Cruz	57,35	50,83	50,81	58,14	50,71

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO I

Anexo 1I - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da eficiência em carboxilação em cada período isoladamente

1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	0,015932	0,015932	1,013	0,3196
TRAT	4	0,073878	0,018470	1,174	0,3349
CULT*TRAT	4	0,104091	0,026023	1,655	0,1772
BLOCO	5	0,608995	0,121799	7,744	0,0000
erro	45	0,707754	0,015728		
Total corrigido	59	1,510650			
CV (%) =	7,52				
Média geral:	1,6672350	Número de observações:		60	

2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	0,168392	0,168392	5,880	0,0194
TRAT	4	0,533600	0,133400	4,658	0,0031
CULT*TRAT	4	0,251198	0,062799	2,193	0,0850
BLOCO	5	0,079733	0,015947	0,557	0,7323
erro	45	1,288714	0,028638		
Total corrigido	59	2,321636			
CV (%) =	17,61				
Média geral:	0,9607233	Número de observações:		60	

3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	0,059850	0,059850	2,005	0,1636
TRAT	4	0,051365	0,012841	0,430	0,7860
CULT*TRAT	4	0,112589	0,028147	0,943	0,4479
BLOCO	5	0,066259	0,013252	0,444	0,8153
erro	45	1,343043	0,029845		
Total corrigido	59	1,633107			
CV (%) =	26,17				
Média geral:	0,6601367	Número de observações:		60	

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2I - Médias dos valores reais da eficiência em carboxilação em cada período isoladamente

Eficiência em carboxilação (A/ci, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2 / \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09
	2º	0,05	0,09	0,07	0,07	0,08
	3º	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Santa Cruz	1º	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08
	2º	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07
	3º	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO J

Anexo 1J - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas em cada período isoladamente

Clorofila *a* – 1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	13129,707626	13129,707626	28,517	0,0000
TRAT	4	4938,344037	1234,586009	2,681	0,0434
CULT*TRAT	4	2049,666960	512,416740	1,113	0,3622
BLOCO	5	5364,064325	1072,812865	2,330	0,0578
erro	45	20718,774895	460,417220		
Total corrigido	59	46200,557842			
CV (%) =	4,36				
Média geral:	491,9945183	Número de observações:	60		

Clorofila *a* – 2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	4244,871893	4244,871893	10,411	0,0023
TRAT	4	7238,545101	1809,636275	4,438	0,0041
CULT*TRAT	4	1102,943751	275,735938	0,676	0,6119
BLOCO	5	805,622595	161,124519	0,395	0,8495
erro	45	18347,242479	407,716500		
Total corrigido	59	31739,225818			
CV (%) =	3,74				
Média geral:	540,1695083	Número de observações:	60		

Clorofila *a* – 3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	55197,567042	55197,567042	44,419	0,0000
TRAT	4	3703,884750	925,971187	0,745	0,5664
CULT*TRAT	4	8840,285250	2210,071312	1,779	0,1498
BLOCO	5	4912,013708	982,402742	0,791	0,5621
erro	45	55919,666708	1242,659260		
Total corrigido	59	128573,417458			
CV (%) =	6,75				
Média geral:	522,1591667	Número de observações:	60		

Clorofila *b* – 1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	3331,889057	3331,889057	21,998	0,0000
TRAT	4	1324,416080	331,104020	2,186	0,0858
CULT*TRAT	4	1110,172160	277,543040	1,832	0,1392
BLOCO	5	191,053954	38,210791	0,252	0,9365
erro	45	6815,899595	151,464435		
Total corrigido	59	12773,430846			
CV (%) =	9,25				
Média geral:	133,1036117	Número de observações:	60		

... continua...

Anexo 1J - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas em cada período isoladamente, Cont.

Clorofila *b* – 2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	1328,043657	1328,043657	7,916	0,0072
TRAT	4	2126,555685	531,638921	3,169	0,0223
CULT*TRAT	4	573,597387	143,399347	0,855	0,4983
BLOCO	5	453,623848	90,724770	0,541	0,7443
erro	45	7549,665604	167,770347		
Total corrigido	59	12031,486181			
CV (%) =	8,01				
Média geral:	161,6080183	Número de observações:	60		

Clorofila *b* – 3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	19868,940375	19868,940375	40,498	0,0000
TRAT	4	1105,544167	276,386042	0,563	0,6905
CULT*TRAT	4	3842,553167	960,638292	1,958	0,1173
BLOCO	5	1585,710375	317,142075	0,646	0,6656
erro	45	22077,885042	490,619668		
Total corrigido	59	48480,633125			
CV (%) =	14,51				
Média geral:	152,6125000	Número de observações:	60		

Clorofila *a+b* – 1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	33296,773574	33296,773574	21,693	0,0000
TRAT	4	11480,344936	2870,086234	1,870	0,1323
CULT*TRAT	4	4859,288048	1214,822012	0,791	0,5369
BLOCO	5	9749,538773	1949,907755	1,270	0,2933
erro	45	69072,149488	1534,936655		
Total corrigido	59	128458,094819			
CV (%) =	6,28				
Média geral:	623,7856300	Número de observações:	60		

Clorofila *a+b* – 2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	10229,937548	10229,937548	10,503	0,0022
TRAT	4	16981,008838	4245,252210	4,359	0,0046
CULT*TRAT	4	3293,329740	823,332435	0,845	0,5039
BLOCO	5	950,838281	190,167656	0,195	0,9627
erro	45	43828,279219	973,961760		
Total corrigido	59	75283,393626			
CV (%) =	4,45				
Média geral:	701,8358583	Número de observações:	60		

... continua...

Anexo 1J - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão das clorofilas em cada período isoladamente, Cont.

Clorofila a+b – 3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	141299,948167	141299,948167	44,232	0,0000
TRAT	4	8184,447250	2046,111813	0,641	0,6364
CULT*TRAT	4	24185,276417	6046,319104	1,893	0,1282
BLOCO	5	10818,356833	2163,671367	0,677	0,6429
erro	45	143752,213167	3194,493626		
Total corrigido	59	328240,241833			
CV (%) =	8,38				
Média geral:	674,7716667	Número de observações:	60		

Clorofila a/b – 1º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	229,630494	229,630494	12,125	0,0011
TRAT	4	151,060523	37,765131	1,994	0,1116
CULT*TRAT	4	168,304456	42,076114	2,222	0,0817
BLOCO	5	170,894224	34,178845	1,805	0,1312
erro	45	852,260764	18,939128		
Total corrigido	59	1572,150462			
CV (%) =	6,05				
Média geral:	71,9138667	Número de observações:	60		

Clorofila a/b – 2º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	45,781882	45,781882	3,531	0,0667
TRAT	4	64,253798	16,063450	1,239	0,3080
CULT*TRAT	4	26,699441	6,674860	0,515	0,7251
BLOCO	5	77,898067	15,579613	1,202	0,3238
erro	45	583,423608	12,964969		
Total corrigido	59	798,056796			
CV (%) =	5,61				
Média geral:	64,1447600	Número de observações:	60		

Clorofila a/b – 3º período

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	1550,806074	1550,806074	32,598	0,0000
TRAT	4	89,709464	22,427366	0,471	0,7564
CULT*TRAT	4	388,555339	97,138835	2,042	0,1045
BLOCO	5	145,344608	29,068922	0,611	0,6919
erro	45	2140,782982	47,572955		
Total corrigido	59	4315,198466			
CV (%) =	9,24				
Média geral:	74,6544683	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2J - Médias dos valores reais das clorofilas *a*, *b*, *a+b* e *a/b* em cada período isoladamente

Teor de clorofilas (Índice de clorofila Falker)						
Clorofila <i>a</i>						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	24,81	24,21	25,39	24,80	26,21
	2º	27,27	28,59	28,48	28,08	27,50
	3º	24,12	22,22	24,40	23,22	22,39
Santa Cruz	1º	27,13	25,76	26,25	27,17	26,91
	2º	27,84	29,54	29,71	28,48	28,93
	3º	25,64	27,08	26,48	25,62	25,98
Clorofila <i>b</i>						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	6,20	6,17	6,98	6,70	7,24
	2º	7,88	8,47	8,48	8,39	7,87
	3º	6,59	5,66	6,90	6,44	5,91
Santa Cruz	1º	7,83	6,96	7,31	7,72	7,48
	2º	8,04	9,13	9,19	8,56	8,76
	3º	7,45	8,54	8,23	7,60	8,11
Clorofila <i>a+b</i>						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	31,02	30,38	31,83	31,50	33,45
	2º	35,18	37,06	36,96	36,46	35,37
	3º	30,70	27,89	31,30	29,66	28,30
Santa Cruz	1º	34,95	32,72	33,56	34,90	34,39
	2º	35,88	38,67	38,90	37,04	37,69
	3º	33,09	35,62	34,71	33,22	34,09
Clorofila <i>a/b</i>						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	4,07	4,03	3,72	3,80	3,73
	2º	3,50	3,41	3,41	3,37	3,53
	3º	3,81	4,04	3,69	3,73	3,95
Santa Cruz	1º	3,54	3,78	3,67	3,59	3,67
	2º	3,48	3,27	3,28	3,34	3,34
	3º	3,55	3,23	3,31	3,48	3,27

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO L

Anexo 1L - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico potencial com parcelas subdivididas no tempo

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	5	0,908449	0,181690	3,725	0,0066
CULT	1	0,024207	0,024207	0,496	0,4848
TRAT	4	0,107760	0,026940	0,552	0,6983
CULT*TRAT	4	0,221795	0,055449	1,137	0,3514
erro 1	45	2,195037	0,048779		
PERIODO	2	82,392005	41,196003	1341,942	0,0000
PERIODO*CULT	2	0,030030	0,015015	0,489	0,6146
PERIODO*TRAT	8	0,131414	0,016427	0,535	0,8276
PERIODO*CULT*TRAT	8	0,322786	0,040348	1,314	0,2451
erro 2	100	3,069879	0,030699		
Total corrigido	179	89,403363			
CV 1 (%) =	1,34				
CV 2 (%) =	1,06				
Média geral:	16,4773144	Número de observações:		180	

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2L - Médias dos valores reais do rendimento quântico potencial com parcelas subdivididas no tempo

Rendimento quântico potencial (Fv/Fm)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	0,84	0,83	0,84	0,84	0,84
	2º	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85
	3º	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83
Santa Cruz	1º	0,84	0,84	0,83	0,83	0,84
	2º	0,84	0,85	0,85	0,85	0,84
	3º	0,83	0,83	0,83	0,82	0,83

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO M

Anexo 1M - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão do rendimento quântico efetivo com parcelas subdivididas no tempo

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	5	3,961481	0,792296	1,076	0,3863
CULT	1	2,556340	2,556340	3,472	0,0689
TRAT	4	3,074745	0,768686	1,044	0,3952
CULT*TRAT	4	12,455058	3,113765	4,229	0,0054
erro 1	45	33,130548	0,736234		
PERIODO	2	102,921602	51,460801	60,664	0,0000
PERIODO*CULT	2	1,258484	0,629242	0,742	0,4789
PERIODO*TRAT	8	3,378809	0,422351	0,498	0,8552
PERIODO*CULT*TRAT	8	8,733825	1,091728	1,287	0,2589
erro 2	100	84,829579	0,848296		
Total corrigido	179	256,300471			
CV 1 (%) =	7,11				
CV 2 (%) =	7,63				
Média geral:	12,0693150	Número de observações:		180	

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2M - Médias dos valores reais do rendimento quântico efetivo com parcelas subdivididas no tempo

Rendimento quântico efetivo ($\Delta F/F_m'$)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	0,64	0,67	0,69	0,67	0,65
	2º	0,65	0,70	0,68	0,68	0,64
	3º	0,52	0,53	0,58	0,51	0,51
Santa Cruz	1º	0,68	0,66	0,66	0,65	0,66
	2º	0,64	0,67	0,64	0,63	0,65
	3º	0,53	0,53	0,46	0,52	0,54

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO N

Anexo 1N - Análise de variância das áreas abaixo da curva de progressão da severidade da doença dos resultados finais (análise geral)

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	1857703,014012	1857703,014012	7,431	0,0091
TRAT	4	3065998,144192	766499,536048	3,066	0,0257
CULT*TRAT	4	4962887,856410	1240721,964102	4,963	0,0021
BLOCO	5	889412,767052	177882,553410	0,712	0,6180
erro	45	11250065,225605	250001,449458		
Total corrigido	59	22026067,007271			
CV (%) =	17,94				
Média geral:	2787,8022483	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 2N - Médias dos valores reais da severidade da doença dos resultados finais (análise geral)

Severidade da doença (%)					
Genótipos	Tratamentos				
	Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	59,90	43,80	36,56	42,90	42,39
Santa Cruz	36,44	35,90	35,40	37,33	41,50

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

Anexo 3N - Análise de variância da área abaixo da curva de progressão da severidade da doença com parcelas subdivididas no tempo

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	5	194545,740720	38909,148144	1,079	0,3847
CULT	1	613542,264684	613542,264684	17,016	0,0002
TRAT	4	1001884,606413	250471,151603	6,947	0,0002
CULT*TRAT	4	916878,933431	229219,733358	6,357	0,0004
erro 1	45	1622519,022722	36055,978283		
PERIODO	2	34557677,405523	17278838,702762	684,288	0,0000
PERIODO*CULT	2	450077,279645	225038,639822	8,912	0,0003
PERIODO*TRAT	8	988712,258333	123589,032292	4,894	0,0000
PERIODO*CULT*TRAT	8	1066502,189630	133312,773704	5,280	0,0000
erro 2	100	2525081,986398	25250,819864		
Total corrigido	179	43937421,687499			
CV 1 (%) =	26,24				
CV 2 (%) =	21,96				
Média geral:	723,6024261	Número de observações:		180	

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

Anexo 4N - Médias dos valores reais da severidade da doença com parcelas subdivididas no tempo

Eficiência em carboxilação (A/ci, $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2 / \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{CO}_2$)						
Genótipos	Período	Tratamentos				
		Test	Bio	Azo	Carb	Pico
Anta	1º	18,07	6,71	5,71	6,20	8,71
	2º	80,83	51,83	37,00	49,17	48,83
	3º	94,72	92,22	87,22	93,61	87,78
Santa Cruz	1º	9,57	3,67	8,70	11,06	17,73
	2º	35,33	43,17	33,67	40,50	41,00
	3º	83,06	77,50	82,78	75,83	81,94

Nota: Test=Testemunha; Bio=Biofac; Azo=Azoxistrobina; Carb=Carbendazim; Pico=Picoxistrobina; Anta=Anta 8500 RR; Santa Cruz=BRS Santa Cruz RR.

ANEXO O - Análise de variância da produção de massa seca de grãos

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CULT	1	137,060402	137,060402	34,184	0,0000
TRAT	4	29,935418	7,483854	1,867	0,1329
CULT*TRAT	4	102,171414	25,542853	6,371	0,0004
BLOCO	5	28,627630	5,725526	1,428	0,2326
erro	45	180,429314	4,009540		
Total corrigido	59	478,224178			
CV (%) =	17,28				
Média geral:	11,5904433	Número de observações:	60		

Nota: FV=fator de variação; GL=grau de liberdade; SQ=soma dos quadrados; QM=quadrados médios; Fc=F calculado; Pr > Fc=Probabilidade de aceitar ou não a hipótese como verdadeira; CV=coeficiente de variação; CULT=genótipos; TRAT=tratamentos; CULT*TRAT=interação entre genótipo e tratamento.

ANEXO P

ANEXO 1P - Análise do coeficiente de correlação linear de Pearson entre a severidade da doença e produção de massa seca de grãos de ambos os genótipos

Genótipos Anta 8500 RR e BRS Santa Cruz RR

		Correlações				
		AACP-1	AACP-2	AACP-3	AACPT	PROD
AACP-1	Correlação de Pearson	1	,316*	,084	,439**	,087
	Sig. (bicaudal)		,014	,523	,000	,511
	N	60	60	60	60	60
AACP-2	Correlação de Pearson	,316*	1	,604**	,943**	-,172
	Sig. (bicaudal)	,014		,000	,000	,188
	N	60	60	60	60	60
AACP-3	Correlação de Pearson	,084	,604**	1	,779**	-,210
	Sig. (bicaudal)	,523	,000		,000	,107
	N	60	60	60	60	60
AACPT	Correlação de Pearson	,439**	,943**	,779**	1	-,167
	Sig. (bicaudal)	,000	,000	,000		,203
	N	60	60	60	60	60
PROD	Correlação de Pearson	,087	-,172	-,210	-,167	1
	Sig. (bicaudal)	,511	,188	,107	,203	
	N	60	60	60	60	60

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).

Nota: AACP-1=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACP-2=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no segundo período; AACP-3=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no terceiro período; AACPT=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=Produção.

ANEXO 2P - Análise do coeficiente de correlação linear de Pearson entre a severidade da doença e a produção de massa seca de grãos do genótipo Anta 8500 RR separadamente

Genótipo Anta 8500 RR

		Correlações				
		AACP-1	AACP-2	AACP-3	AACPT	PROD
AACP-1	Correlação de Pearson	1	,561**	,181	,638**	,009
	Sig. (bicaudal)		,001	,338	,000	,961
	N	30	30	30	30	30
AACP-2	Correlação de Pearson	,561**	1	,656**	,981**	-,045
	Sig. (bicaudal)	,001		,000	,000	,813
	N	30	30	30	30	30
AACP-3	Correlação de Pearson	,181	,656**	1	,718**	-,168
	Sig. (bicaudal)	,338	,000		,000	,374
	N	30	30	30	30	30
AACPT	Correlação de Pearson	,638**	,981**	,718**	1	-,032
	Sig. (bicaudal)	,000	,000	,000		,868
	N	30	30	30	30	30
PROD	Correlação de Pearson	,009	-,045	-,168	-,032	1
	Sig. (bicaudal)	,961	,813	,374	,868	
	N	30	30	30	30	30

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).

Nota: AACP-1=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACP-2=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no segundo período; AACP-3=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no terceiro período; AACPT=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=Produção.

ANEXO 3P - Análise do coeficiente de correlação linear de Pearson entre a severidade da doença e a produção de massa seca de grãos do genótipo BRS Santa Cruz RR separadamente

Genótipo BRS Santa Cruz RR

		Correlações				
		AACP-1	AACP-2	AACP-3	AACPT	PROD
AACP-1	Correlação de Pearson	1	,235	,143	,424*	,048
	Sig. (bicaudal)		,211	,450	,019	,802
	N	30	30	30	30	30
AACP-2	Correlação de Pearson	,235	1	,651**	,910**	,079
	Sig. (bicaudal)	,211		,000	,000	,678
	N	30	30	30	30	30
AACP-3	Correlação de Pearson	,143	,651**	1	,851**	,034
	Sig. (bicaudal)	,450	,000		,000	,859
	N	30	30	30	30	30
AACPT	Correlação de Pearson	,424*	,910**	,851**	1	,053
	Sig. (bicaudal)	,019	,000	,000		,782
	N	30	30	30	30	30
PROD	Correlação de Pearson	,048	,079	,034	,053	1
	Sig. (bicaudal)	,802	,678	,859	,782	
	N	30	30	30	30	30

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bicaudal).

**. A correlação é significativa no nível 0,01 (bicaudal).

Nota: AACP-1=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no primeiro período; AACP-2=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no segundo período; AACP-3=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença no terceiro período; AACPT=área abaixo da curva de progressão da severidade da doença ao final do período experimental; PROD=Produção.