



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ANELISA DE FIGUEIREDO PELOSO

**FOTOSÍNTESE E CRESCIMENTO DE *Coffea arabica* L. SUBMETIDO À
APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA EM DIFERENTES
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

ORIENTADOR: JOSÉ FRANCISCO TEIXEIRA DO AMARAL

ALEGRE - ES

2016

ANELISA DE FIGUEIREDO PELOSO

**FOTOSSÍNTESE E CRESCIMENTO DE *Coffea arabica* L.
SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA EM
DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal na Área de Fitotecnia.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral

Coorientadores: Edvaldo Fialho dos Reis,
Marcelo Antonio Tomaz e Paulo Cezar
Cavatte

ALEGRE - ES
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P392f Peloso, Anelisa de Figueiredo, 1987-
Fotossíntese e crescimento de Coffea arabica L. submetido à aplicação de piraclostrobina em diferentes disponibilidades hídricas / Anelisa de Figueiredo Peloso. – 2016.
49 f. : il.

Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral.

Coorientadores: Edvaldo Fialho dos Reis, Marcelo Antonio Tomaz e Paulo Cezar Cavatte.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Café arábica. 2. Morfologia. 3. Fotossíntese. 4. Plantas – Crescimento. 5. Produção. I. Amaral, José Francisco Teixeira do II. Reis, Edvaldo Fialho dos. III. Tomaz, Marcelo Antonio. IV. Cavatte, Paulo Cezar. V. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. VI. Título.

CDU: 63

ANELISA DE FIGUEIREDO PELOSO

**FOTOSSÍNTESE E CRESCIMENTO DE *Coffea arabica* L.
SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA EM
DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Produção Vegetal na Área de Fitotecnia.

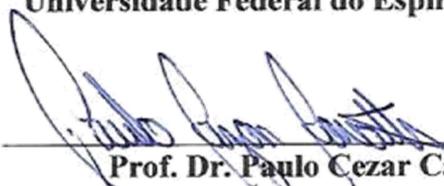
Aprovada em 12 de julho de 2016



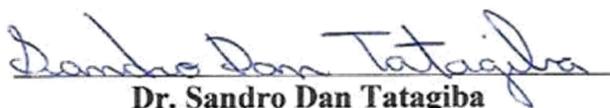
Prof. Dr. José Francisco Teixeira do Amaral
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Paulo Cezar Cavatte
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Sandro Dan Tatagiba
Pós Doutorando em Ciências Florestais - UFES

In memoriam a minha vó, Teresinha

A minha mãe, Maria Madalena

A meu pai, Arnaldo

Pelo incentivo, apoio e por serem mais do que posso merecer

A meu amado esposo Sandro,

Por ser meu esteio e minha força e nunca me deixar desistir

DEDICO

A meus irmãos, João Paulo, Ana Gabriela e Otávio Augusto

A meus sobrinhos, Pedro Henrique e Victor Hugo

OFEREÇO

“E ainda que tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda a fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse Amor, nada seria.”

Primeira Epístola de São Paulo aos Coríntios

Agradecimentos

A Deus.

Aos meus familiares e amigos que mesmo longe sempre torceram por mim.

Ao professor José Francisco Teixeira do Amaral, pela orientação, confiança e contribuição na minha formação acadêmica.

Aos meus coorientadores, Edvaldo Fialho dos Reis, Paulo Cezar Cavatte e Marcelo Antonio Tomaz, pelos ensinamentos e incentivo.

Ao professor José Eduardo Macedo Pezzopane, pela infraestrutura utilizada na realização do experimento.

Aos amigos Felipe, Hamilton, Sebastião, Wagner e Wallison, pelo auxílio na realização do experimento e amizade.

Aos meus amigos e colegas, por terem tornado mais fáceis e mais alegres os dias de estudo e trabalho, em especial à Larissa, Mariana, Ana Paula e Márcia.

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À BASF por fornecer os fungicidas para realização do experimento e a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, muito obrigada.

RESUMO

PELOSO, Anelisa de Figueiredo. **FOTOSSÍNTESE E CRESCIMENTO DE *Coffea arabica* L. SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA EM DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS**. 2016. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientador: José Francisco Teixeira do Amaral. Coorientador(es): Edvaldo Fialho dos Reis; Marcelo Antonio Tomaz; Paulo Cezar Cavatte.

Na cultura do cafeeiro, a deficiência hídrica é a principal causa de estresse ambiental, limitante da produção. Afim de minimizar os efeitos causados pela deficiência hídrica, objetivou-se neste trabalho investigar alguns aspectos fisiológicos causados pela piraclostrobina na fotossíntese (através das análises das trocas gasosas, da fluorescência da clorofila *a*, e da concentração de pigmentos fotossintéticos) e no crescimento em plantas de café submetidas a diferentes disponibilidades hídricas. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 3x3 sendo o fator concentração de piraclostrobina em três níveis (0; 0,7; 1,4 g/L), e o fator disponibilidade hídrica em três níveis [100, 60 e 30% da água disponível (AD) no substrato] com cinco repetições. Nas avaliações de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, foi utilizado o delineamento experimental de parcelas subdivididas em esquema fatorial 3x3, sendo o fator concentração de piraclostrobina e tempo de coleta de dados em três níveis (0; 0,7 e 1,4 g/L; e um; sete e 14 dias após aplicação de piraclostrobina, respectivamente) submetidos a três disponibilidade hídricas (100, 60 e 30% AD). A aplicação de piraclostrobina ocorreu aos 152 de experimentação. Após a aplicação, foram avaliadas trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a*, e ao final do experimento avaliou-se: massa seca radicular (MSR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e altura. A partir dos dados das características de crescimento avaliados foi mensurada: a eficiência do uso da água de produção (EUAp) e a razão do peso foliar (RPF). As plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L e com 100% AD no substrato, apresentaram incremento positivo no teor de clorofila total (Chl_{a+b}) refletindo no aumento da taxa fotossintética resultando em maior produção de fitomassa. Nas plantas sob déficit hídrico imposto pelo tratamento com 60% AD e tratadas com piraclostrobina, foi observado aumentos no rendimento quântico do FSII (Y(II)) e na Chl_{a+b}, indicando uma maior absorção e uso da luz. Por sua vez, os valores do

rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) e o rendimento quântico da dissipação não regulada $Y(NO)$ diminuíram, indicando, que o aumento na concentração de piraclostrobina favoreceu a dissipação de energia para a fotoquímica em contrapartida da dissipação de energia não-fotoquímica, promovendo assim efeitos positivos na fotossíntese. Entretanto, o incremento na fotossíntese não favoreceu o acúmulo de massa seca para essas plantas. Para as plantas cultivadas com 30% AD foi observado diminuição na respiração noturna (R) e incremento no $Y(II)$ nas plantas tratadas com piraclostrobina, porém não foi observado aumento no acúmulo de massa seca para essas plantas. Portanto, as plantas tratadas com piraclostrobina e sem déficit hídrico apresentaram incremento positivo na taxa fotossintética e no teor de clorofila total além de diminuição na respiração noturna refletindo em maior produção de fitomassa. Nas plantas sob déficit hídrico, houve incremento na taxa fotossintética, porém não favoreceu o acúmulo de massa seca.

Palavras-chave: cafeeiro arábica, estrobirulinas, seca, fungicida, efeito fisiológico

ABSTRACT

PELOSO, Anelisa de Figueiredo. **PHOTOSYNTHESIS AND GROWTH OF *Coffea arabica* L. SUBMITTED TO PYRACLOSTROBIN APPLICATION IN DIFFERENT AVAILABILITY WATER.** 2016. Dissertation (Masters in Vegetal Production) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Adviser: José Francisco Teixeira do Amaral. Co-advisers: Edvaldo Fialho dos Reis; Marcelo Antonio Tomaz; Paulo Cezar Cavatte.

In coffee, water deficiency is the main cause of environmental stress, limiting production. In order to minimize the effects caused by water deficiency, the objective of this study is to investigate some physiological aspects caused by pyraclostrobin in photosynthesis (through the analysis of gas exchange, fluorescence of chlorophyll *a*, and the concentration of photosynthetic pigments) and growth in plants coffee subjected to different water availability. The experiment was conducted in a factorial 3x3 being the factor concentration of pyraclostrobin in three levels (0, 0.7, 1.4 g/L), and water availability factor in three levels [100, 60 and 30% of available water (AD) in the substrate] with five repetitions. In the evaluations of gas exchange and fluorescence of chlorophyll *a* was used the experimental design of split plots in a 3x3 factorial scheme, being the factor concentration of pyraclostrobin and data collection time in three levels (0, 0.7 and 1.4 g / L, and one, seven and 14 days after application of pyraclostrobin, respectively) under three water availability (100, 60 and 30% AD). The application of pyraclostrobin occurred at 152 experimentation. After application, they were evaluated gas exchange and chlorophyll *a* fluorescence, and the end of the experiment were evaluated: root dry weight (MSR), dry weight of shoot (MSPA), total dry matter (MST) and height. From the data of growth characteristics evaluated were measured: the efficient use of water production (EUAp) and the ratio of leaf weight (RPF). The plants treated with pyraclostrobin at a concentration of 1.4 g L and 100% AD on the substrate showed positive increase in the total chlorophyll content (Chl _{a+b}) reflecting the increase of photosynthetic rate resulting in higher biomass production. In plants under water stress imposed by treatment with 60% AD and treated with pyraclostrobin was observed increases in quantum yield of PSII (Y (II)) and Chl _{a+b}, indicating a higher uptake and use of light. In turn, the quantum yield of the quenching non-photochemical (NPQ) and

quantum yield dissipation unregulated Y (NO) decreased, indicating that the increase in the concentration of pyraclostrobin favor the dissipation of energy for photochemical on the other hand non-photochemical energy dissipation, thereby promoting positive effects on photosynthesis. However, the increase in photosynthesis did not favor the dry matter accumulation for these plants. For plants grown with 30% AD was observed decrease in nocturnal respiration (R) and increase in Y (II) in plants treated with pyraclostrobin, but was not observed increased dry matter accumulation for these plants. Therefore, the plants treated with pyraclostrobin and without water deficit showed a positive increase in photosynthetic rate and chlorophyll content as well as decrease in nighttime breathing resulting in a higher biomass production. In plants under drought, there was an increase in photosynthetic rate, but did not favor the dry matter accumulation.

Keywords: arabica coffee, strobilurine, dry, fungicidal, physiological effect

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v / F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada Y(NO)(d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 100% AD no substrato.....24

Figura 2 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v / F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada Y(NO) (d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 60% AD no substrato.....25

Figura 3 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v / F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada Y(NO) (d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 30% AD no substrato.....26

Figura 4 – Assimilação líquida de CO₂ (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO₂ (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 100% AD no substrato.....28

Figura 5 – Assimilação líquida de CO₂ (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO₂ (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 60% AD no substrato.....29

Figura 6 – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO₂ (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 30% AD no substrato.....31

Figura 7 – Clorofila total (Chl_{a+b}) (a), clorofila_a/ clorofila_b (Chl_a/Chl_b) (b) e carotenóides (c) em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e disponibilidades hídricas no substrato.....32

CAPÍTULO II

Figura 1 -Estrutura externa da casa de vegetação climatizada (A) e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação (B), no município de Jerônimo Monteiro, ES.....41

Figura 2 – Massa seca total (a), massa seca da parte aérea (b), massa seca radicular (c), altura (d), eficiência do uso da água de produção (e) e razão de peso foliar (f) de plantas de *Coffea arabica* L., em função da disponibilidade hídrica no substrato e concentrações de piraclostrobina.....44

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Características químicas e físicas do substrato utilizado no experimento.....20

Tabela 2 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento em Jerônimo Monteiro, ES.....21

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Caracterização química e física do substrato utilizado no experimento.....40

Tabela 2 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento em Jerônimo Monteiro, ES.....42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17
CAPÍTULO I: TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA <i>a</i> EM <i>Coffea arabica</i> L. SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SUBSTRATO	18
1 INTRODUÇÃO.....	19
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Localização, material vegetal e instalação do experimento	20
2.2 Lâmina de irrigação e água disponível.....	22
2.3 Avaliação da fluorescência da clorofila <i>a</i>	22
2.4 Avaliação das trocas gasosas.....	23
2.5 Determinação de pigmentos fotossintéticos	23
3 RESULTADOS	24
3.1 Fluorescência da clorofila <i>a</i>	24
3.2 Trocas gasosas	27
3.3 Pigmentos fotossintéticos	30
4 DISCUSSÃO	33
5 CONCLUSÕES	35
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
CAPÍTULO II: EFEITO DA PIRACLOSTROBINA NO CRESCIMENTO DE <i>Coffea</i> <i>arabica</i> L. SUBMETIDO A DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS	38
1 INTRODUÇÃO.....	39
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
2.1 Local, material vegetal substrato, tratamentos e delineamento experimental	40
2.2 Lâmina de irrigação de água disponível.....	42
2.3 Coletas do material vegetal e avaliações do crescimento.....	43
3 RESULTADOS	43
4 DISCUSSÃO	45
5 CONCLUSÕES	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO GERAL

O café é um dos produtos mais importantes do comércio agrícola internacional, representando significativa fonte de renda para muitos países latino-americanos, africanos e asiáticos. Nos países onde o cafeeiro é cultivado, a seca é considerada a principal causa de estresse ambiental que afeta o crescimento (DaMATTA, 2004). Uma pequena redução na disponibilidade hídrica pode reduzir substancialmente o crescimento e, conseqüentemente, a produção (DaMATTA; RENA, 2002). A deficiência hídrica na cultura de café causa degradação das membranas celulares; diminui a área fotossinteticamente ativa, através da redução da área foliar; reduz a assimilação de nitrogênio; provoca o fechamento estomático e conseqüentemente reduz a assimilação líquida de CO₂ (CAVATTE et al., 2012). Além disso, a baixa disponibilidade hídrica pode ter efeitos prejudiciais no florescimento, frutificação e outros importantes processos fisiológicos determinantes da produtividade (NUNES, 1976; DaMATTA et al., 1997).

Na busca de amenizar os efeitos negativos provocados pelo estresse hídrico nas plantas, diversos estudos têm demonstrado benefícios fisiológicos gerados por algumas moléculas fungicidas. Importante destaque tem se dado a piraclostrobina, molécula pertencente ao grupo dos fungicidas denominados estrobilurinas (VENÂNCIO et al., 2004; SILVA, 2006; JADOSKI, 2012). Além da ação fungicida, estas moléculas atuam de forma positiva sobre a fisiologia das plantas, podendo provocar aumentos na atividade da enzima nitrato redutase e nos níveis de clorofila e promover a redução de síntese do etileno. Esses efeitos contribuem diretamente para que as plantas sofram menor estresse no campo, assegurando maior qualidade e rendimento das colheitas (RAMOS, 2013).

Em estudos realizados com feijão, Jadoski (2012) relata que as plantas estressadas em consequência da deficiência hídrica e que foram tratadas com piraclostrobina apresentaram maior eficiência da atividade da rubisco, assimilação líquida de CO₂ e eficiência do uso da água. Além disso, foi observado aumento na quantidade de enzimas produzidas, propiciando maior eficiência da superóxido dismutase (SOD) e da catalase (CAT), acelerando o combate dos radicais livres, diminuindo os efeitos da deficiência hídrica na cultura. Esses efeitos fisiológicos combinados foram a possível causa no aumento da massa seca e produtividade de grãos nessas plantas.

Na cultura do cafeeiro arábica, Júnior et al. (2013) observaram que a massa seca de caule, folhas e raiz aumentou significativamente após o terceiro par de folhas para os tratamentos que receberam aplicação da piraclostrobina, contribuindo para o aumento da matéria seca total nestes tratamentos. Nestes tratamentos também se observou o aumento da área foliar, onde foi verificado um acréscimo superior a 25% nos tratamentos com piraclostrobina em relação à testemunha, e de 15% em relação ao hidróxido de cobre. Novamente a aplicação da piraclostrobina favoreceu as plantas na sua intensidade de cor verde (índice SPAD), o que representa, conseqüentemente, aumento nos teores de clorofila total foliar. Também se observa que a taxa de assimilação líquida foi 18% maior em relação ao hidróxido de cobre, e 30% maior em relação à testemunha, sugerindo uma maior capacidade fotossintética. Apesar dos efeitos fisiológicos já comprovados pela ação da piraclostrobina, são escassos os trabalhos que avaliam sua utilização em plantas de café em diferentes condições de disponibilidade hídrica.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho investigar o crescimento (através da avaliação das características morfológicas) e a fotossíntese (através das análises de trocas gasosas, da fluorescência da clorofila *a* e a da concentração de pigmentos fotossintéticos) em plantas de cafeeiro arábica submetidas à aplicação de piraclostrobina em diferentes disponibilidades hídricas.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DaMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crop Research**, v.86, p.99-114, 2004

DaMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica**, v.34, p. 257-264, 1997.

DaMATTA, F. M.; RENA, A. B. Relações hídricas no cafeeiro. In: ENCARNAÇÃO RO, AFONSO Jr PC, RUFINO JLS (Eds.), **I Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil: Palestras**, EMBRAPA, Brasília, p. 944, 2002.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; DAMATTA, F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia plantarum**, v. 144, p. 111-122, 2012

JADOSKI, C. J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

JÚNIOR, J. P; FAGAN, E. B.; CORRÊA, L. T.; SOARES, J. N.; PEREIRA, I. S.; SILVA, L. G. Resposta fisiológica de mudas de café à aplicação foliar de estrobirulina-piraclostrobina e silício. **Cerrado Agrociências**, n.4, p.42-57, 2013.

NUNES, M. A. Water relations in coffee. Significance of plant water deficits to growth and yield: a review. **Journal of Coffee Research**, v. 6, p. 4-21, 1976.

RAMOS, A. R. P. **Produtos de efeitos fisiológicos no desenvolvimento de plantas de tomate “giuliana”, na produção e pós colheita de frutos.** 2013. 147p. Tese (Doutorado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2013.

SILVA, R. A. **Comportamento do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) aos indutores de resistência à seca.** 2006. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, v.9, n.3, p. 59-68, 2004

CAPÍTULO I

TROCAS GASOSAS E FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* EM *Coffea arabica* L. SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE PIRACLOSTROBINA SOB DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS NO SUBSTRATO

1 INTRODUÇÃO

O déficit hídrico é uma das condições ambientais mais limitantes da produção primária de ecossistemas e do rendimento das culturas. Em vários países a seca é considerada como o principal estresse ambiental que afeta a produção do café (DaMATTA, 2004). Em condições de deficiência hídrica o crescimento e produtividade da cultura são afetados, em parte, através de reduções na taxa de assimilação líquida de carbono, seja por um efeito direto da desidratação do aparato fotossintético ou em decorrência do efeito indireto do fechamento dos estômatos (DaMATTA et al., 2002).

Na busca de amenizar a situação provocada pelo estresse, alguns estudos encontraram benefícios fisiológicos provocados por moléculas de determinados fungicidas. Entre elas, destaca-se a piraclostrobina, molécula pertencente ao grupo dos fungicidas denominados estrobilurinas (VENÂNCIO et al., 2004; JADOSKI, 2012; LIMA et al., 2012). Além da ação fungicida, estas moléculas atuam de forma positiva sobre a fisiologia das plantas, podendo provocar aumentos na atividade da enzima nitrato redutase e nos níveis de clorofila e promover a redução de síntese do etileno. Esses efeitos contribuem diretamente para que as plantas sofram menor estresse no campo, assegurando maior qualidade e rendimento das colheitas (RAMOS, 2013). Grossmann e Retzlaff (1997) constataram que a piraclostrobina aumenta a taxa fotossintética das plantas e que o aumento na fotossíntese líquida está ligado às alterações no ponto de compensação de CO₂, favorecendo a absorção de CO₂ em oposto à sua liberação pela respiração. Esse efeito pode ser explicado pela inibição transitória da respiração da planta quando tratada com fungicidas a base de estrobilurina (YPEMA; GOLD, 1999). Segundo Jadoski (2012), a aplicação de piraclostrobina também promoveu aumento na fotossíntese líquida em plantas de feijão submetidas à deficiência hídrica.

Uma forma de avaliar mudanças no desempenho fotossintético das plantas provocadas por algum tipo de estresse é através do uso de técnicas como as trocas gasosas e a fluorescência da clorofila *a*, que são considerados estimadores do comportamento do aparelho fotossintético em plantas (BERGER et al., 2007).

Assim objetivou-se neste trabalho investigar os parâmetros fotossintéticos fornecidos pelas trocas gasosas, associando-os com a fluorescência da clorofila *a* e à concentração de pigmentos fotossintéticos em folhas de plantas do cafeeiro arábica tratadas com piraclostrobina sob diferentes disponibilidades de água no substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização, material vegetal e instalação do experimento

O experimento foi desenvolvido no período entre os meses de março a outubro de 2015 em casa de vegetação no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro ES, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo.

Foram utilizadas mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) cv. Catuaí vermelho IAC 144, selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas para vasos com capacidade para 14 dm³ que foram preenchidos com 12 dm³ de substrato constituído por Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e esterco bovino curtido (10%).

O substrato foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar e realizada sua caracterização física e química, obtendo-se a classificação textural como Argilo Arenoso (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas e físicas do substrato utilizado no experimento

Química								Física			
pH	P	K	Na	Mg	Al	Ca	MO	Argila	Silte	Areia	Densidade
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³				g kg ⁻¹	%		g cm ⁻³	
7,3	48	110	9	1,2	0	1,5	3,6	44	3	53	1,04

Após o transplante para os vasos, as mudas cresceram com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) por 129 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica no substrato de 100, 60 e 30% da água disponível (AD).

A necessidade da aplicação de corretivos e adubos químicos foi feita com base na análise química do substrato. Foram realizadas três aplicações de uréia, sendo a primeira aos 62 dias após o início do experimento e duas consecutivas em intervalos de 30 dias. Para cada vaso aplicou-se 0,5 gramas de uréia com formulado 45-00-00. Os demais nutrientes foram fornecidos conforme preconizado por Prezotti et al. (2007).

Nas avaliações de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, foi utilizado o delineamento experimental de parcelas subdivididas em esquema fatorial 3x3, sendo o

fator concentração de piraclostrobina e tempo de coleta de dados em três níveis (0; 0,7 e 1,4 g/L; e um; sete e 14 dias após aplicação de piraclostrobina, respectivamente) submetidos a três disponibilidade hídricas (100, 60 e 30% AD). O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado para avaliar a concentração de pigmentos fotossintéticos no esquema fatorial 3x3 no qual testou-se o fator concentração de piraclostrobina em três níveis (0; 0,7; 1,4 g/L), e o fator disponibilidade hídrica em três níveis (100, 60 e 30% AD) com cinco repetições.

A aplicação de piraclostrobina ocorreu aos 152 dias de experimentação. Foi utilizado um pulverizador costal manual com capacidade de 20 L e um bico tipo leque para aplicação. Plantas controles onde não foram aplicadas a piraclostrobina, pulverizou-se água destilada.

Utilizou-se o fungicida Comet® com 250 g/L de piraclostrobina, fabricado pela empresa BASF, sendo este um fungicida sistêmico do grupo químico das estrubirulinas com formulação do tipo EC (concentrado emulsionável), e recomendado para a cultura do café no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeicola*).

Para a obtenção das variáveis microclimáticas do interior das casas de vegetação, foram instaladas estações meteorológicas automáticas modelos CR 10 possibilitando o armazenamento e o processamento dos dados no sistema de coleta *datalogger* modelo CR10x (Campbell Scientific, Estados Unidos da América) com leituras de dados a cada 10 segundos e armazenamento a cada 5 minutos. A estação é composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Marca Vaisala, modelo CS500). Durante o período de estudo o interior da casa de vegetação a temperatura média foi de 23 °C e a umidade relativa média do ar registrada foi de 91% (Tabela 2).

Tabela 2 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento em Jerônimo Monteiro, ES

Tempeatura	°C
Máxima	26
Média	23
Mínima	21
Umidade relativa do ar	%
Máxima	97
Média	91
Mínima	80

2.2 Lâmina de irrigação e água disponível

Para determinação da lâmina de água a ser disponibilizada às plantas, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo do Instituto Agronômico em Campinas-SP, para determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 MPa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente. A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi obtida pela multiplicação da umidade gravimétrica pela densidade do substrato ($\theta = U \cdot D_s$). Os valores médios, resultantes de três repetições para densidade do substrato, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram 1,04 g cm⁻³; 23,92% e 14,56%, respectivamente.

A água disponível (AD) encontrada foi de 9,36%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 23,92% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 14,56% na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: $AD = CC - PMP$ (CENTURION; ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do software Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Após estabelecer o peso dos vasos na CC (100% de AD) e considerando-se a quantidade de AD, foram estabelecidos os pesos dos vasos em 60 e 30% de AD. O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada lâmina, considerando-se a massa do substrato e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980). O ajuste dos pesos dos vasos foi realizado em intervalos de 40 dias, devido ao incremento proporcionado pelo crescimento das plantas, até o final do experimento.

2.3 Avaliação da fluorescência da clorofila *a*

A fluorescência da clorofila *a* foi determinada a partir da câmara de fluorescência conjugada para uso com analisadores de trocas gasosas (IRGA). A fluorescência máxima após adaptação ao escuro (F_m) e o rendimento quântico máximo do fotossistema II (F_v/F_m) foram avaliados no período entre 22:00 e 24:00 horas. Os

parâmetros fluorescência máxima após adaptação à luz (F_m') e “steady – state”(F_t) foram avaliadas no período entre as 9:00 e 10:30 horas.

A partir dos dados obtidos, calculou-se o rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)), o rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) e o rendimento quântico da dissipação não regulada (Y(NO)), utilizando-se as seguintes equações:

$$Y(II) = \Delta F / F_m' = (F_m' - F_t) / F_m'$$

$$NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$$

$$Y(NO) = F_t / F_m$$

As avaliações foram realizadas em folhas totalmente expandidas na parte externa do terço superior das plantas em cada um dos tratamentos.

2.4 Avaliação das trocas gasosas

A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A), a condutância estomática (g_s), a taxa de transpiração (E) e a concentração interna de CO₂ (C_i) foram medidas entre 9:00 e 10:30 horas sob irradiância de 1.000 μmol de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$. A respiração noturna (R) entre 22:00 e 24:00 horas. Para as leituras foram utilizados uma concentração interna de 400 μmol CO₂ mol^{-1} de ar. As medições foram determinadas pelo analisador de gás por infravermelho portátil (IRGA, Li-Cor, modelo LI-6400, Nebraska, EUA). As avaliações foram realizadas em folhas totalmente expandidas na parte externa do terço superior das plantas em cada um dos tratamentos.

2.5 Determinação de pigmentos fotossintéticos

Ao final do experimento, foram macerados 80 mg de tecido foliar retirados do terço superior de cada planta de cada tratamento, em acetona 80%. O volume final foi completado para 25 mL e uma alíquota foi retirada para realizar as leituras espectrofotométricas a 470; 646,8 e 663,2 nm. Com os valores obtidos foram calculados os teores de cada pigmento de acordo com Lichtenthaler (1987).

3 RESULTADOS

3.1 Fluorescência da clorofila *a*

Plantas cultivadas com 100% AD no substrato não apresentaram diferenças significativas entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina na F_v/F_m , $Y(II)$, NPQ e $Y(NO)$ (Figura 1 a - d).

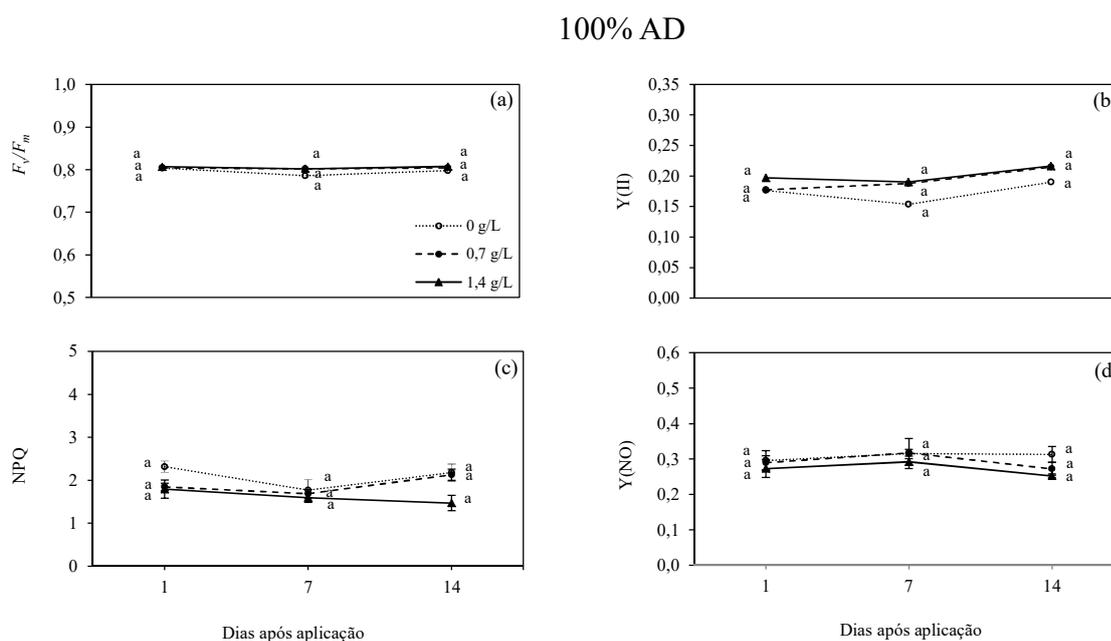


Figura 1 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII ($Y(II)$) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada $Y(NO)$ (d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 100% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais em cada época de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Plantas cultivadas com 60% AD no solo não apresentaram diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina na F_v/F_m (Figura 2a).

Plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram incremento significativo de 25,56; 17,51 e 39,43% no Y(II) em relação às plantas controle, aos 1º, 7º e 14º dias após aplicação da piraclostrobina, respectivamente (Figura 2b).

Plantas controle apresentaram incremento significativo de 39,78% no NPQ aos 7º dia após aplicação, em relação às plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L (Figura 2c).

Em relação ao Y(NO), plantas controles apresentaram aumento significativo de 32,26% em relação às plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L, ao 7º dia após aplicação (Figura 2d).

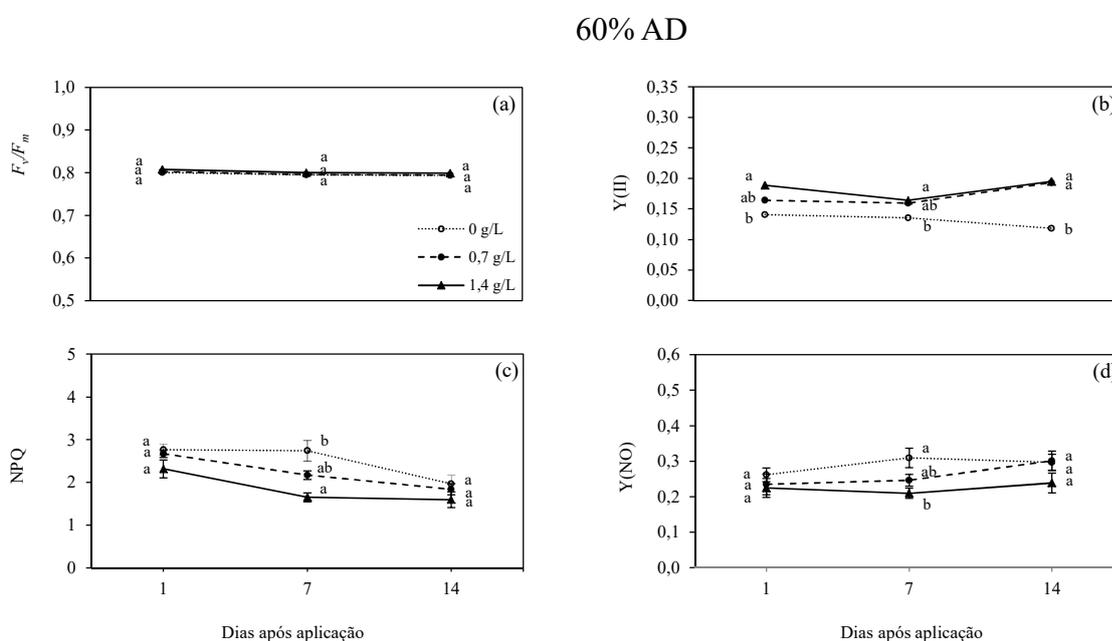


Figura 2 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v/F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada Y(NO) (d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 60% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais em cada época de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Plantas cultivadas com 30% AD no solo não apresentaram diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina na F_v/F_m (Figura 3a).

A piraclostrobina nas concentrações de 0,7 e 1,4 g/L proporcionou incremento significativo de 40,16 e 55,77%, respectivamente, no Y(II), em relação às plantas controle, ao 7º dia após aplicação. Ao 14º dia após a aplicação do fungicida, as plantas tratadas na concentração de 1,4 g/L apresentaram aumento significativo de 38,57% no Y(II) em relação às plantas controle (Figura 3b).

Incremento significativo (39,95%) no NPQ em plantas controle em relação às plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L, foram observados ao 1º dia após aplicação (Figura 3c).

Não foi observada diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina no Y(NO) (Figura 3d).

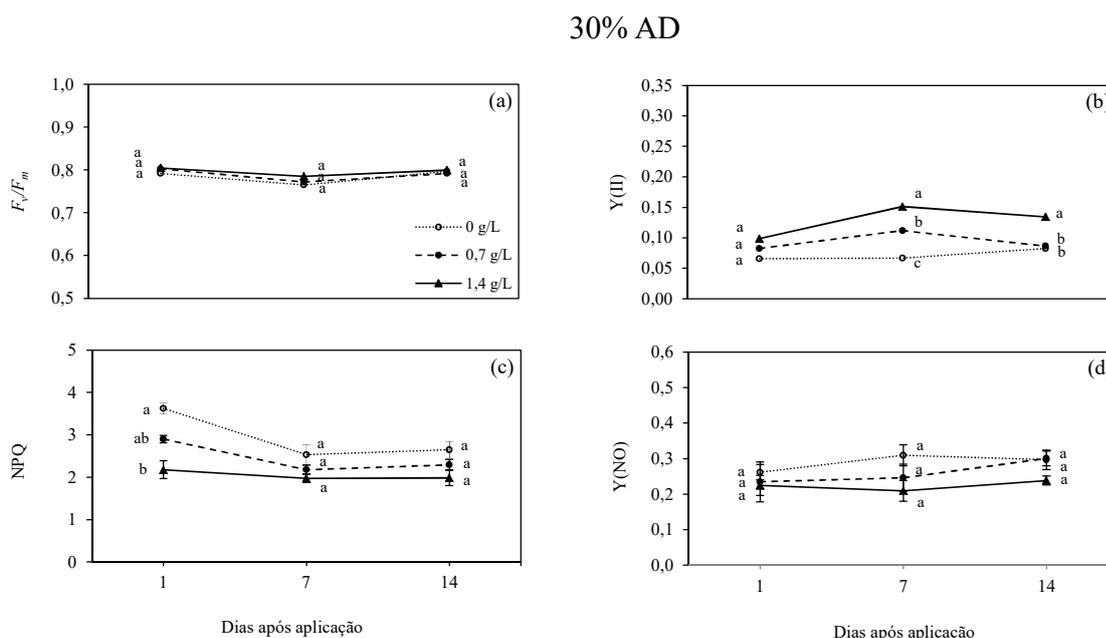


Figura 3 - Rendimento quântico máximo do FSII (F_v / F_m) (a), rendimento quântico efetivo do FSII (Y(II)) (b), rendimento quântico do quenching não-fotoquímico (NPQ) (c) e rendimento quântico da dissipação não regulada Y(NO) (d), em plantas de *Coffea arabica* L. submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina cultivadas com 30% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais em cada época de avaliação não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.2 Trocas gasosas

As plantas mantidas com 100% AD no substrato e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L, apresentaram aumento significativos de 22,84 e 23,03% em A , aos 7° e 14° dias, respectivamente, após aplicação em relação às plantas controle (Figura 4a).

Para g_s não houve diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina (Figura 4b).

A E na primeira aplicação foi maior (36,72%) em plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L quando comparadas às plantas controle, ao 7° dia após a aplicação do fungicida (Figura 4c).

Quanto à concentração intercelular de CO_2 (C_i), verificou-se redução de 26,52 e 11,06% nas plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 0,7 e 1,4 g/L, respectivamente, em relação às plantas controle, um dia após aplicação da piraclostrobina. Ao 7° dia após aplicação, as plantas controle apresentaram C_i significativamente maior na ordem de 34,05 e 9,24% nas plantas controles em comparação as tratadas com piraclostrobina na concentração de 0,7 e 1,4 g/L, respectivamente (Figura 4d).

Em relação à respiração, as plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram valores significativamente menores (31,53 e 45,99%) ao 1° e 7° dia após aplicação, respectivamente, em relação às plantas controle (Figura 4e).

Plantas cultivadas com 60% AD no substrato e que foram tratadas na concentração de 1,4 g/L, apresentaram aumentos significativos de 50,7 e 27,8% em A em relação às plantas controle e as plantas tratadas com piraclostrobina na concentração de 0,7 g/L, respectivamente, no 1° dia após aplicação. Para o 7° e 14° dia após aplicação, houve incremento em A de 53,3 e 35,9% nas plantas tratadas na concentração de 1,4 g/L em relação às plantas controles, respectivamente (Figura 5a).

Em relação à g_s e E , não houve diferença significativa entre as concentrações de piraclostrobina utilizadas durante a aplicação nas plantas com 60% AD no substrato (Figura 5b, 5c).

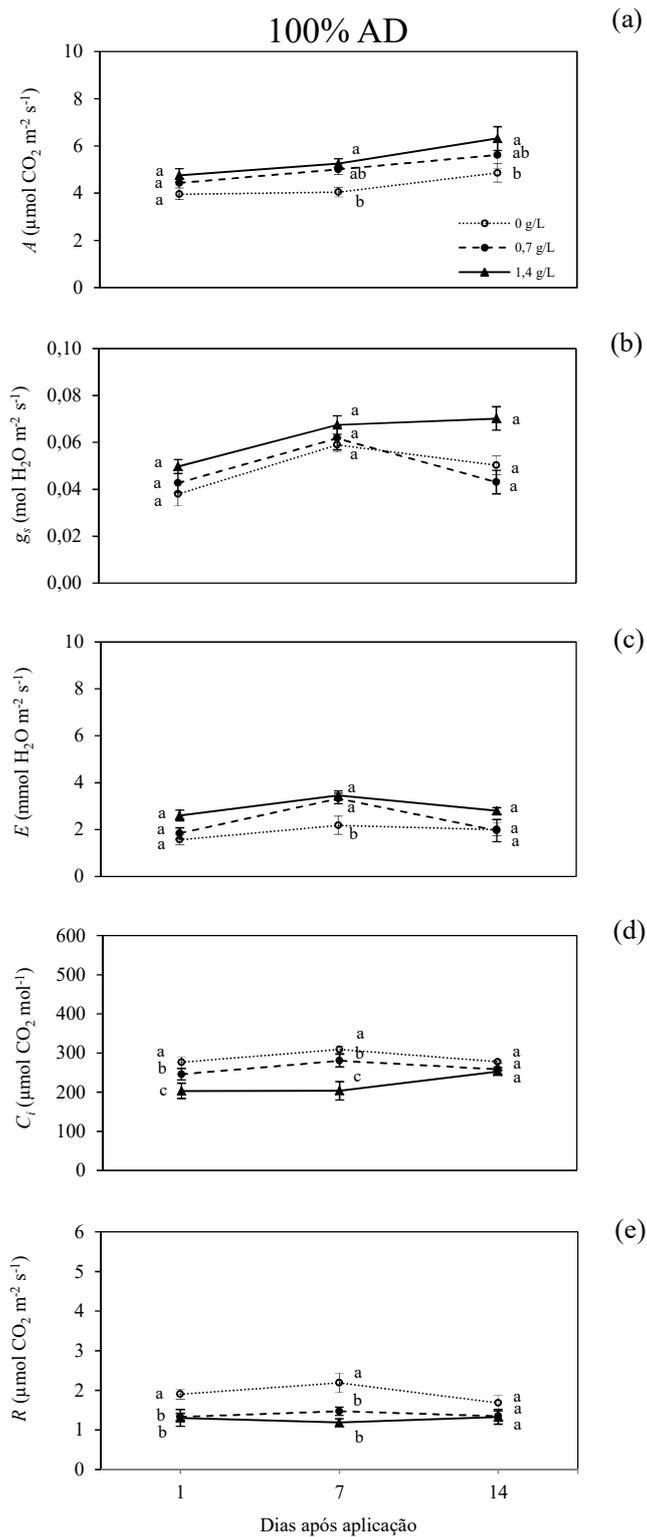


Figura 4 – Assimilação líquida de CO_2 (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO_2 (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 100% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

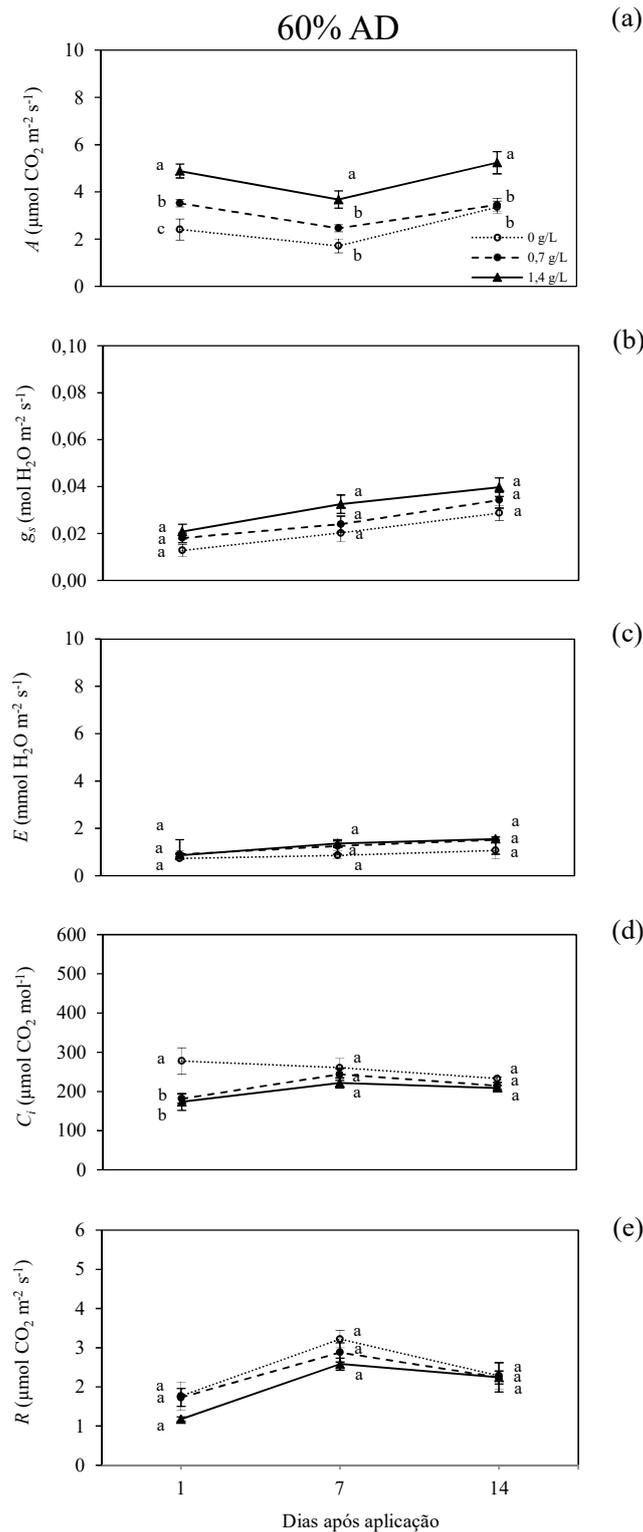


Figura 5 – Assimilação líquida de CO₂ (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO₂ (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 60% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Incrementos significativos em C_i na ordem de 37,57% nas plantas controle em relação às plantas tratadas na concentração de 1,4 g/L foi observado no 1º dia após aplicação, não havendo diferenças significativas entre as plantas que receberam piraclostrobina (Figura 5d).

Em relação à R não houve diferença significativa entre as concentrações de piraclostrobina utilizadas durante a aplicação nas plantas com 60% AD no substrato (Figura 5e).

As plantas cultivadas com 30% AD no substrato não apresentaram diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina em A , g_s e E após aplicação de piraclostrobina (Figura 6a, 6b, 6c).

Incrementos significativos em C_i na ordem de 31,7% nas plantas controle em relação às plantas tratadas na concentração de 1,4 g/L foi observado ao 1 dia após aplicação (Figura 6d).

Plantas controle apresentaram acréscimo significativo de 39,08, 34,7 e 52,13% na R em relação às plantas tratadas na concentração de 1,4 g/L, ao 1º, 7º e 14º dia após aplicação de piraclostrobina, respectivamente (Figura 6e).

3.3 Pigmentos fotossintéticos

Plantas cultivadas com 100% AD no substrato e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram acréscimo significativo (18,3%) na clorofila total (Chl $_{a+b}$) em relação às plantas controle. Não houve diferenças significativas entre as médias das plantas tratadas piraclostrobina na concentração de 0,7 g/L e as plantas controle (Figura 7a).

Plantas cultivadas com 60% AD no substrato e tratadas com piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L apresentaram incremento significativo (12,7%) na clorofila total (Chl $_{a+b}$) em relação às plantas controle (Figura 7a).

As plantas cultivadas com 30% AD no substrato não apresentaram diferença significativa entre as médias das plantas tratadas e não tratadas com piraclostrobina na clorofila total, clorofila $_a$ / clorofila $_b$ e carotenóides (Figura 7).

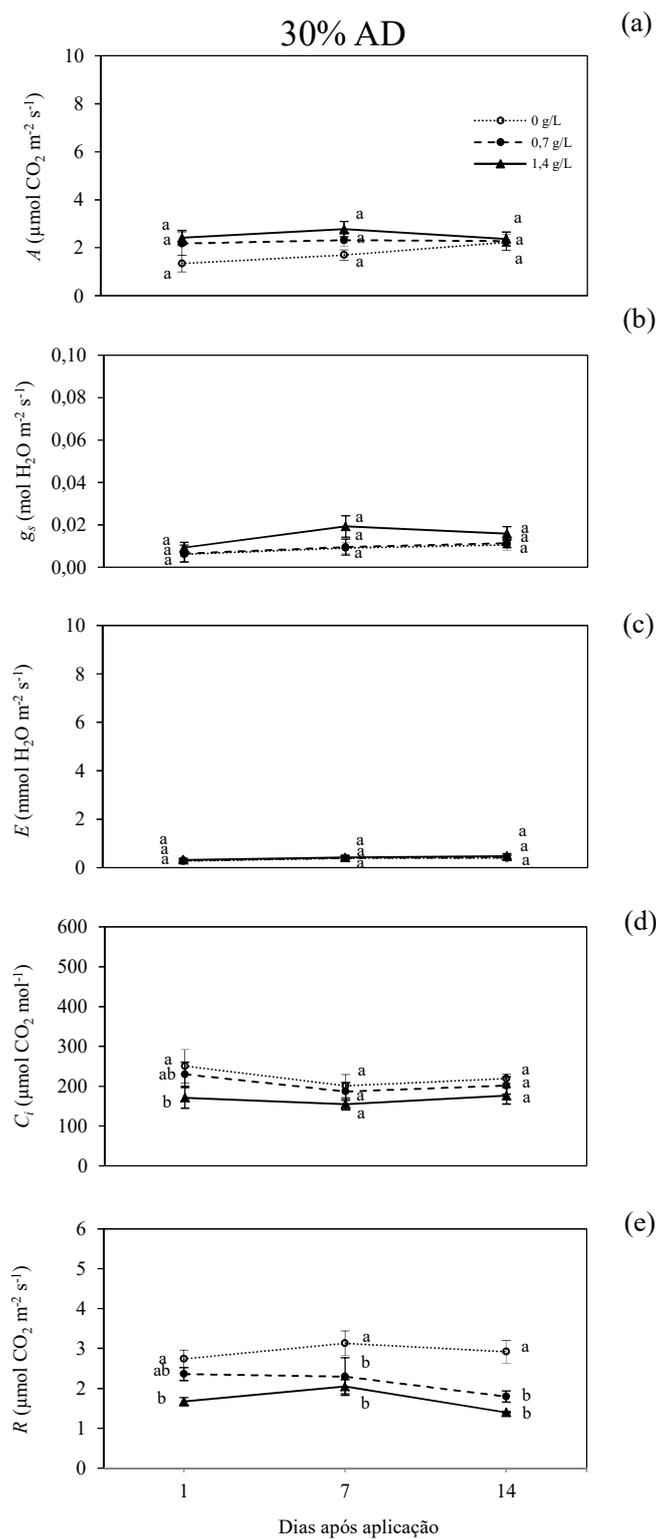


Figura 6 – Taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) (a), condutância estomática (g_s) (b), taxa de transpiração (E) (c), concentração interna de CO_2 (C_i) (d) e respiração noturna (R) (e), em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e com 30% AD no substrato.

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

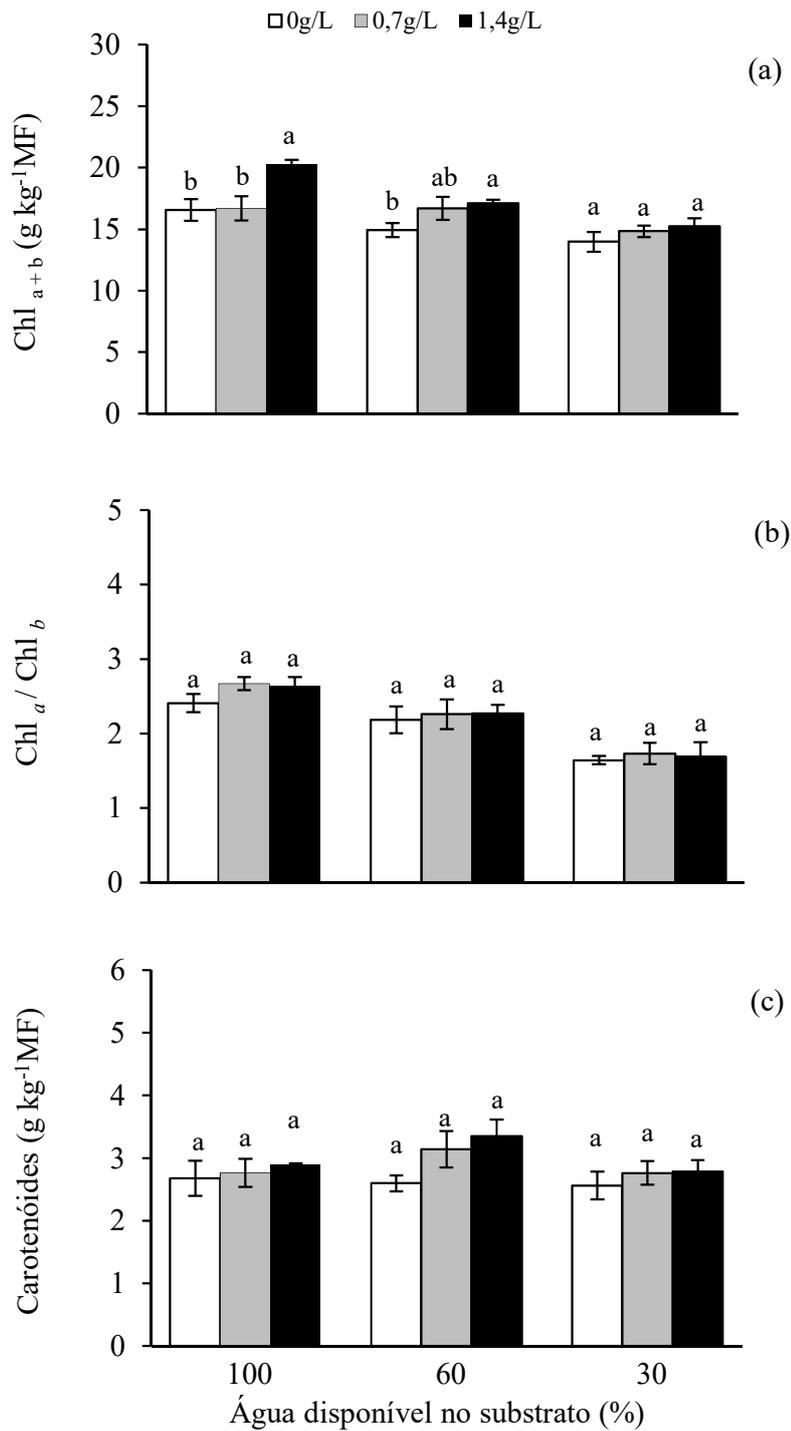


Figura 7 – Clorofila total (Chl_{a+b}) (a), clorofila_a/ clorofila_b (Chl_a/Chl_b) (b) e carotenóides (c) em plantas de *Coffea arabica* L., submetidas a diferentes concentrações de piraclostrobina e disponibilidades hídricas no substrato.

Médias seguidas de letras iguais no mesmo regime hídrico não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, plantas tratadas com piraclostrobina, principalmente na concentração de 1,4 g/L, resultaram no aumento do desempenho fotossintético, independente da disponibilidade hídrica encontrada no substrato. Para nosso conhecimento, este estudo fornece a primeira evidência de que a molécula de piraclostrobina atuou no aumento do desempenho fotossintético de plantas de café submetidas ao déficit hídrico. As maiores concentrações Chl_{a+b} exerceram papel fundamental na fotoquímica da folha, e os parâmetros de fluorescência da clorofila *a* destacam claramente a importância da aplicação de piraclostrobina como estratégia para reduzir os danos causados pelo déficit hídrico.

O aumento na concentração de piraclostrobina promoveu aumentos do rendimento quântico FSII, como indicado pelos maiores valores de Y(II) nas plantas sob déficit hídrico. Esta descoberta, juntamente com as maiores concentrações de Chl_{a+b}, indicam uma maior absorção e uso da luz, o que pode ter aumentado a taxa de transporte de elétrons através dos fotossistemas (Krause; Weis, 1991). Por sua vez, os valores de NPQ e Y(NO) diminuíram, sugerindo que menos energia de excitação foi dissipada em forma de calor, indicando, portanto, que o aumento na concentração de piraclostrobina favoreceu a dissipação de energia para a fotoquímica em contrapartida da dissipação de energia não-fotoquímica, promovendo assim efeitos positivos na fotossíntese. Entretanto, a energia de excitação foi direcionada para ambos os eventos, fotoquímicos e não-fotoquímica, de uma forma eficiente. Coletivamente, estas respostas são consistentes com uma maior utilização da energia de excitação fotoquímica para conduzir as taxas de fixação de carbono mais elevadas em plantas tratadas com piraclostrobina.

Mudanças na taxa de assimilação de CO₂ nas folhas tratadas com piraclostrobina não estiveram estreitamente associadas com *g_s*. Havia maiores valores significativos em *A* do que em *g_s* especialmente sobre as folhas tratadas com piraclostrobina em relação às plantas não tratadas (Controle). Assim, aumentos acentuados em *A* em plantas tratadas com piraclostrobina durante o curso de tempo das avaliações implica, portanto, que o desempenho fotossintético não podia estar relacionado com a entrada de CO₂ através dos estômatos. Provavelmente os aumentos na clorofila total nas plantas tratadas com piraclostrobina refletiram diretamente no aumento em *A*. Essa maior quantidade de clorofilas reflete na maior atividade da nitrato redutase e nas trocas gasosas, levando

as plantas tratadas com piraclostrobina a obterem maiores taxas de assimilação de CO₂. A piraclostrobina atua nas plantas inibindo a cadeia transportadora de elétrons na mitocôndria, entre o citocromo bc₁ e a citocromo oxidase, o que leva a acidificação do citoplasma, aumentando a atividade da enzima nitrato redutase e, conseqüentemente, a assimilação de nitrogênio (GLAAB; KAISER, 1999) podendo levar a um acréscimo na incorporação nas moléculas vitais da planta, como a clorofila (PARREIRA et al., 2009). A ativação da nitrato redutase é considerado um aspecto relevante para o efeito do aumento em *A* e posterior incremento em biomassa das plantas que receberam piraclostrobina (KÖEHLE et al., 1994).

De forma geral, os valores de F_v/F_m nas folhas tratadas com piraclostrobina não apresentaram diferenças, indicando que sua aplicação não promoveu ganho na eficiência fotoquímica do fotossistema II. Esta constatação sugere que o desempenho fotoquímico das plantas tratadas com piraclostrobina foi até certo ponto mantido em níveis desejáveis pelo aumento na concentração Chl_{a+b}. Provavelmente, esse aumento na Chl_{a+b} esteve associado a incrementos na atividade da nitrato redutase induzida pela piraclostrobina. Segundo Amaro (2011), além da ação fungicida, a piraclostrobina atua de forma positiva sobre a fisiologia das plantas, aumentando a atividade da enzima nitrato redutase e os níveis de clorofila.

Outro importante efeito fisiológico ocorrido nas plantas tratadas com piraclostrobina foi a redução de *R*. A respiração é um mecanismo preponderante no metabolismo da planta sendo separada, teoricamente, em respiração de manutenção e de crescimento. A respiração de crescimento concorre para a síntese de biomassa e é proporcional à fotossíntese líquida, já a respiração de manutenção, concorre para a reciclagem de compostos já existente e é maior quanto maior for a biomassa vegetal (ROBSON, 1973; HAY; WALKER, 1989; KRAUSS et al., 1989). O decréscimo da respiração nas plantas tratadas com piraclostrobina pode ser um fator importante, pois diminui a utilização de energia para o metabolismo de manutenção, o qual é aumentado em condições de estresse. Segundo Azcon-Bieto e Osmond (1983), sob ação de fatores adversos especialmente a temperatura, a respiração de crescimento é menos sensível do que a de manutenção. Assim, a ação da piraclostrobina possivelmente seja mais intensa sobre a respiração de manutenção e com menor atuação sobre o crescimento. Essa ação possivelmente influencia de forma direta na produção de fitomassa, pelo fato de aumentar a taxa de fotossíntese líquida da planta.

5 CONCLUSÕES

As plantas de café tratadas com piraclostrobina aumentaram o desempenho fotossintético independente da condição hídrica imposta no substrato.

A fluorescência da clorofila *a* é uma importante ferramenta a ser utilizada em estudos de desempenho fotossintético em plantas de café submetidas ao déficit hídrico.

O aumento no desempenho fotossintético promovido pela piraclostrobina está associado aos incrementos nos teores de Chl_{a+b} do complexo antena do fotossistema II e no aumento do rendimento quântico, demonstrado por Y(II).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARO, A.C.E. **Efeitos fisiológicos de fungicidas no desenvolvimento de plantas de pepino japonês enxertadas e não enxertadas, cultivadas em ambiente protegido.** 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

AZCON-BIETO, J.; OSMOND, C.B. Relationship between photosynthesis and respiration. The effect carbohydrate status on the rate of CO₂ production by respiration in darkened and illuminated wheat leaves. **Plant Physiology**, v.71, p.574-581, 1983.

BERGER, S.; SINHA, A. K.; ROITSCH, T. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogen interactions. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, p. 4019-4026, 2007.

CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 701-709, 2000.

DaMATTA, F. M.; LOOS R. A.; SILVA E. A.; LOUREIRO M. E. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephora* as a result of nitrogen and water availability. **Journal of Plant Physiology**, v.159, p. 975-981, 2002.

DaMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plants breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 1-6, 2004.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. V. A.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.1, p. 5-8, 1980.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**. Berlin, v. 207, p. 442-448, 1999.

GROSSMANN, K.; RETZLAFF, G. Bioregulatory effects of the fungicidal strobilurin kresoxim methyl in wheat (*Triticumaestivum* L.). **Pesticide Science**, v.50, p.11-20, 1997.

HAY, R. K. M.; WALKER, A. J. **An introduction to the physiology of crop yield.** England: Longman Group, 1989. 292 p.

JADOSKI, C. J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. v.42, 313-349, 1991

KRAUSS, E.; WILSON, D.; ROBSON, M. J. Respiration: correlation with growth rate and its qualitative significance for net assimilation rate and biomass production. In: LAMBERS et al. (Ed) **Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants**. Hague: Netherlands, 1989. p. 187-198.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M.; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. **Biochemical Society Transactions**, v. 22, n. 65, 1994.

LICHTHENTHALER, H. K. **Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes**. In: COLOWICK SP, KAPLAN NO (ed) *Methods in Enzymology*, v.148. Academic press, San Diego, p. 350-382, 1987

LIMA, A. L. S.; DAMATTA, F. M.; PINHEIRO, H. A.; TOTOLA, M. R.; LOUREIRO, M. E. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. **Environmental and Experimental Botany**, v. 47, p. 239-247, 2002.

PARREIRA, D.F.; NEVES, W.S.; ZAMBOLIM, L. Resistência de fungos a fungicidas inibidores de quinona. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 3, n. 2, p. 24-25, 2009.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/ CEDAGRO, 2007. 305p.

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

ROBSON, M. J. The growth and development of simulated swards of perennial ryegrass. II – Carbon assimilation and respiration in a seedling swards. **Annals of Botany**, Oxford, v. 37, n. 151, p. 501-518, 1973.

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980.

VENÂNCIO, W.S.; RODRIGUES, M.A.T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N.L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, v.9, n.3, p. 59-68, 2004

YPEMA, H. L.; GOLD, R. E. Kresoxym-methyl modification of a naturally occurring compound to produce a new fungicide. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 83, n. 1, p. 4-19, 1999

CAPÍTULO II

EFEITO DA PIRACLOSTROBINA NO CRESCIMENTO DE *Coffea arabica* L. SUBMETIDO À DIFERENTES DISPONIBILIDADES HÍDRICAS

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais populares no mundo (FUJIOKA; SHIBAMOTO, 2008) sendo a commodity mais comercializada seguidamente do petróleo (DaMATTA; RAMALHO, 2006). Nas áreas brasileiras em que o cultivo do cafeeiro arábica prevalece, longos períodos sem chuvas são frequentemente observados. A seca é considerada como o principal fator limitante para o cultivo de café nessas áreas (DaMATTA et al., 2002). A deficiência hídrica na cultura de café causa degradação das membranas celulares; diminui a área fotossinteticamente ativa, através da redução da área foliar; reduz a assimilação de nitrogênio; provoca o fechamento estomático e consequentemente reduz a assimilação líquida de CO₂ (CAVATTE et al., 2012).

Nos últimos anos, tem aumentado os estudos de alguns fungicidas que além de exercerem o controle de doenças, causam efeitos fisiológicos nas plantas. Neste aspecto, a piraclostrobina têm proporcionado benefícios no rendimento fisiológico de diferentes culturas quando condicionada a qualquer tipo de estresse, como a deficiência hídrica (NASON et al., 2007; BALARDIN et al., 2011; BARTETT et al., 2011). Essas moléculas proporcionam à planta melhor desenvolvimento, promovendo mudanças fisiológicas que permitem melhor utilização de CO₂, incremento na atividade da enzima nitrato-redutase e no teor de clorofila e redução de estresses ambientais, associados à redução da produção de etileno, permitindo assim, maior duração da vida útil das folhas (JABS, 2004). A piraclostrobina também exerce influência sobre o acúmulo de massa seca. Em estudos realizados por Júnior (2013) com cafeeiro arábica foi observado que as plantas tratadas com piraclostrobina apresentaram maior acúmulo de fitomassa seca de folhas, caule e raízes, permitindo maior crescimento e desenvolvimento das mudas de café. Além disso pode promover incrementos na produtividade de grãos como constatado no feijoeiro (JADOSKI, 2012) e na soja (FAGAN, 2010). Apesar dos efeitos fisiológicos já comprovados pela ação da piraclostrobina, são escassos os trabalhos que avaliam sua utilização em plantas de café arábica em diferentes condições de disponibilidade hídrica.

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho investigar o efeito da piraclostrobina sobre o crescimento de plantas de cafeeiro arábica submetidos a diferentes disponibilidades hídricas no substrato.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, material vegetal, substrato, tratamentos e delineamento experimental

O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, no Laboratório de Meteorologia e Ecofisiologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES (latitude 20°47'25"S; longitude 41°23'48"W e altitude de 120m) no período de 04 de março a 19 de outubro de 2015.

Foram utilizadas mudas de cafeeiro arábica (*Coffea arabica*) cv. Catuaí vermelho IAC 144, selecionadas quanto à uniformidade e transplantadas para vasos com capacidade para 14 dm³, os quais foram preenchidos com 12 dm³ de substrato constituído por Latossolo Vermelho-Amarelo (70%), areia lavada (20%) e esterco bovino curtido (10%).

O substrato foi seco ao ar, destorroado e passado em peneira de 2,0 mm para obtenção da terra fina seca ao ar e realizada sua caracterização física e química, obtendo-se a classificação textural como Argilo Arenoso (Tabela 1).

Após o transplante para os vasos, as mudas cresceram com teor de umidade do substrato próximo à capacidade de campo (CC) por 129 dias, quando, então, foram iniciados os tratamentos diferenciados de disponibilidade hídrica no substrato: 100, 60 e 30% de água disponível no substrato (AD).

Foram feitas três aplicações de uréia, sendo a primeira aos 62 dias após o início do experimento e duas consecutivas em intervalos de 30 dias. Para cada vaso aplicou-se 0,5 gramas de uréia com formulado 45-00-00. Os demais nutrientes foram fornecidos conforme preconizado por Prezotti et al. (2007).

Tabela 1 - Caracterização química e física do substrato utilizado no experimento

Química								Física			
pH	P	K	Na	Mg	Al	Ca	MO	Argila	Silte	Areia	Densidade
H ₂ O	mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					g kg ⁻¹	%		g cm ⁻³
7,3	48	110	9	1,2	0	1,5	3,6	44	3	53	1,04

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3 sendo o fator concentrações de piraclostrobina em três níveis (0; 0,7; 1,4

g/L), e o fator disponibilidade hídrica também em três níveis (100, 60 e 30% AD), com cinco repetições.

A aplicação de piraclostrobina ocorreu aos 152 dias de experimentação. Foi utilizado um pulverizador costal manual com capacidade de 20 L e um bico tipo leque para aplicação. Plantas controles onde não foi aplicado a piraclostrobina, pulverizou-se água destilada.

Utilizou-se o fungicida Comet® com 250 g/L de piraclostrobina, fabricado pela empresa BASF, sendo este um fungicida sistêmico do grupo químico das estrubirulinas com formulação do tipo EC (concentrado emulsionável), e recomendado para a cultura do café no controle da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e cercosporiose (*Cercospora coffeicola*).

Para a obtenção das variáveis microclimáticas do interior das casas de vegetação, foram instaladas estações meteorológicas automáticas modelos CR 10 possibilitando o armazenamento e o processamento dos dados no sistema de coleta *datalogger* modelo CR10x (Campbell Scientific, Estados Unidos da América) com leituras de dados a cada 10 segundos e armazenamento a cada 5 minutos (Figura 1).



Figura 1 - Estrutura externa da casa de vegetação climatizada (A) e painel de controle das variáveis climáticas da casa de vegetação (B), no município de Jerônimo Monteiro, ES.

A estação é composta por sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Marca Vaisala, modelo CS500). Durante o período de estudo o interior da casa de vegetação a temperatura média foi de 23 °C e a umidade relativa média do ar registrada foi de 91% (Tabela 2).

Tabela 2 - Temperatura e umidade relativa do ar durante o período do experimento em Jerônimo Monteiro, ES

Tempeatura	°C
Máxima	26
Média	23
Mínima	21
Umidade relativa do ar	%
Máxima	97
Média	91
Mínima	80

2.2 Lâmina de irrigação e água disponível

Para determinação da lâmina de água a ser disponibilizada às plantas, amostras do substrato deformadas e previamente peneiradas, foram encaminhadas para o Laboratório de Física do Solo do Instituto Agronômico em Campinas-SP, para determinação da umidade gravimétrica (U), correspondente às tensões de 0,010 MPa para capacidade de campo e 1,5 MPa para o ponto de murcha permanente. A umidade volumétrica (θ) para cada uma das tensões foi obtida pela multiplicação da umidade gravimétrica pela densidade do substrato ($\theta = U \times D_s$). Os valores médios, resultantes de três repetições para densidade do substrato, umidade gravimétrica na capacidade campo e no ponto de murcha permanente para o cálculo dos níveis de água, foram $1,04 \text{ g cm}^{-3}$; 23,92% e 14,56%, respectivamente.

A água disponível (AD) encontrada foi de 9,36%, calculada observando-se os valores de umidade volumétrica obtida para a capacidade de campo (CC) em 23,92% determinada na tensão de 0,010 MPa e para o ponto de murcha permanente (PMP) em 14,56% na tensão de 1,5 MPa, utilizando-se a seguinte expressão: $AD = CC - PMP$ (CENTURION; ANDREOLI, 2000). Os valores médios de umidade volumétrica e da tensão utilizados foram ajustados pelo modelo matemático proposto por Vangenuchten (1980), através do software Soil Retention Curves (SWRC), versão 2.0.

Após estabelecer o peso dos vasos na CC (100% de AD) e considerando-se a quantidade de AD, foram estabelecidos os pesos dos vasos em 60 e 30% de AD. O controle da irrigação foi realizado pelo método gravimétrico (pesagem diária dos vasos), adicionando-se água até que a massa do vaso atingisse o valor prévio determinado em cada lâmina, considerando-se a massa do substrato e de água, conforme metodologia descrita por Freire et al. (1980). O ajuste dos pesos dos vasos foi realizado em intervalos

de 40 dias, devido ao incremento proporcionado pelo crescimento das plantas, até o final do experimento.

2.3 Coletas do material vegetal e avaliações de crescimento

Ao final dos 229 dias de experimentação, em todas as plantas de cada tratamento, foram avaliados os seguintes parâmetros: massa seca das folhas, dos ramos (plagiotrópicos e ortotrópicos), e das raízes; diâmetro no nível do coleto e altura. A medição da altura das mudas (considerada como a distância entre a superfície do substrato e o ápice da haste principal) foi efetuada através de uma régua milimétrica. O diâmetro do caule das plantas foi medido com auxílio de um paquímetro digital (Starrett) modelo 727 a cinco cm do substrato. A massa seca foi obtida após a secagem das folhas, ramos e raízes que foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de circulação forçada de ar a uma temperatura de 75°C até atingir massa constante.

A partir dos dados de massa seca de folhas e ramos foi calculada a massa seca da parte aérea (MSPA) e através do somatório da MSPA e da massa seca de raízes (MSR) foi calculada a massa seca total (MST, em g).

Considerando os dados coletados, calculou-se a eficiência do uso da água de produção, EUAp (g de massa seca total produzida por consumo total de água) e a razão do peso foliar, RPF (g de massa seca foliar por g de massa seca total).

3 RESULTADOS

Nas plantas cultivadas com 100% AD no substrato, observou-se incremento significativo na MST (27,02%), MSR (28,91%), MSPA (25,35%), altura (5,97%), EUAp (27,4%) e RPF (8,13%) nas plantas que receberam aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L em relação às plantas que não receberam a aplicação de piraclostrobina (controle) (Figura 2, a-f). Nessas plantas, ao se comparar as que receberam a aplicação de piraclostrobina, houve acúmulo significativo de MST (16,82%), MSR (14,48%) e EUAp (14%) nas plantas que receberam a concentração de 1,4 g/L de piraclostrobina em relação às plantas que receberam a concentração de 0,7 g/L (Figura 2a, 2c, 2e). Nas plantas em que se aplicou piraclostrobina na concentração de 0,7 g/L houve acréscimo significativo de 12,26% na MST e de 16,88% na MSR em

relação às plantas controle (Figura 2, a-b). Para altura houve crescimento significativo (6%) nas plantas que receberam a aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L em relação às plantas controle, porém, não houve diferença significativa entre as concentrações de piraclostrobina aplicadas (Figura 2d).

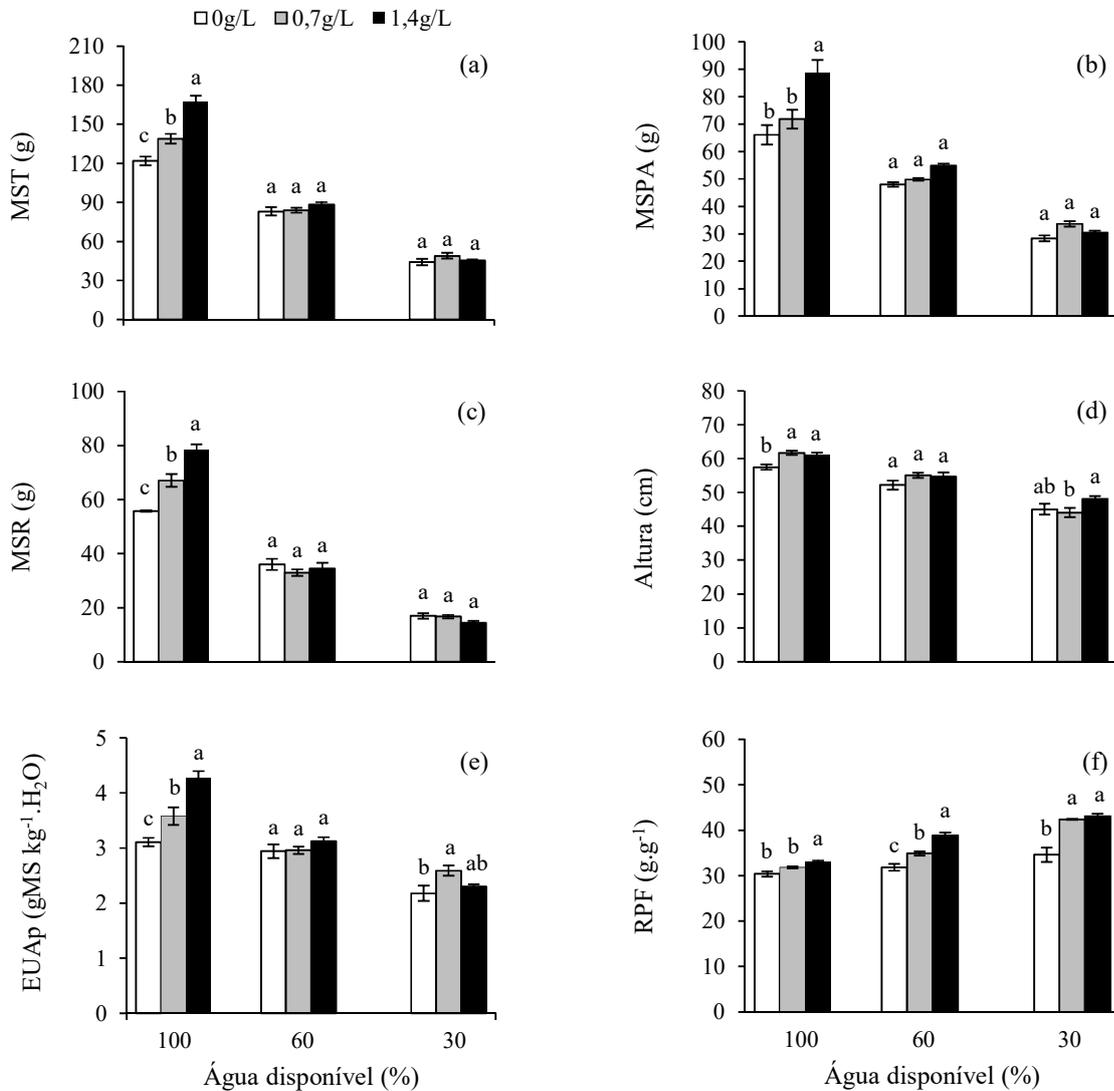


Figura 2 – Massa seca total (a), massa seca da parte aérea (b), massa seca radicular (c), altura (d), eficiência do uso da água de produção (e) e razão de peso foliar (f) de plantas de *Coffea arabica* L., em função da disponibilidade hídrica no substrato e concentrações de piraclostrobina.

Médias seguidas de letras iguais em cada regime hídrico não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Barras em cada ponto representam o erro padrão da média.

Nas plantas cultivadas com 60% AD no substrato, a MST, MSR, MSPA, altura e EUAp não diferiram significativamente entre os níveis do fator concentração de piraclostrobina. Para RPF, houve acréscimo significativo de 31,42% e 22,23% para as plantas que receberam aplicação de piraclostrobina nas concentrações de 1,4 e 0,7 g/L, respectivamente, em relação às plantas controle, porém as plantas que receberam aplicação de 1,4 g/L, apresentaram incremento significativo (9,19%) em relação às plantas que receberam aplicação de 0,7 g/L (Figura 2 a-f).

Nas plantas cultivadas com 30% AD no substrato, as variáveis MST, MSR e MSPA não diferiram significativamente em relação aos níveis do fator concentração de piraclostrobina. Observou-se que para a variável altura, as plantas que receberam aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L, houve acréscimo significativo de 8,36% no crescimento em relação às plantas com 0,7 g/L. Não houve diferença significativa em altura entre as plantas que receberam aplicação de piraclostrobina na concentração de 1,4 g/L e as plantas controle (Figura 2d). A aplicação de 0,7 g/L de piraclostrobina promoveu aumento significativo (15,83%) na EUAp em relação às plantas controle (Figura 2e). As plantas tratadas com 1,4 g/L de piraclostrobina apresentaram aumento significativo de 19,71% na RPF em relação às plantas controle, sendo que, não houve diferenças significativas entre as concentrações de 0,7 e 1,4 g/L de piraclostrobina (Figura 2f).

4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam que a piraclostrobina favoreceu o crescimento e o acúmulo de massa seca das plantas, principalmente em condição de adequada disponibilidade hídrica no substrato, imposta por 100% AD. Aumentos da MST, da MSPA e da MSR sob 100% AD evidenciam o efeito positivo da piraclostrobina no crescimento à medida que aumentava sua concentração. Segundo Glaab e Kaiser (1999) a piraclostrobina pode ocasionar alterações no metabolismo que alteram o crescimento vegetal, ocasionando incrementos em biomassa. Venâncio et al., (2004) verificaram que a piraclostrobina atua proporcionando aumento no número de folhas, retarda a senescência das folhas, contribuiu para incrementos na assimilação de carbono e nitrogênio, além de reduzir danos causados por estresse oxidativo, provocando assim, maior rendimento das culturas. Todas essas alterações no metabolismo podem contribuir para o incremento na massa seca das plantas. Em estudos realizados por

Júnior et al. (2013), foi observado que depois de 15 dias da quarta aplicação de piraclostrobina, mudas de café arábica apresentaram aumento em 60% no acúmulo de massa seca.

O aumento da RPF promovida pela piraclostrobina, principalmente na concentração de 1,4 g/L, parece ser uma estratégia importante na manutenção do crescimento das plantas, uma vez que quanto maior a proporção de folhas em relação ao peso da planta, maior é a capacidade de realizar fotossíntese (FLOSS, 2011). Este mesmo efeito da piraclostrobina na RPF em plantas cultivadas com 60 e 30% AD no substrato também foram observadas. Porém, de forma diferente da estratégia adotada pelas plantas cultivadas com 100% AD no substrato, não houve redistribuição de fotoassimilados para outras partes vegetativas da planta, como pode ser evidenciado pelos valores de MSPA e MSR. Como consequência, o estresse hídrico pode ter diminuído a quantidade de fotoassimilados exportados das folhas para as outras partes da planta, uma vez que o transporte no floema depende da turgidez celular (TAIZ; ZEIGER, 2009). Possivelmente, uma redução no potencial hídrico no floema durante o déficit hídrico pode ter inibido o movimento de fotoassimilados do floema para os tecidos drenos, o que impossibilitou o acúmulo de MSPA e MSR nas plantas sob déficit hídrico. Diversos estudos têm demonstrado que o metabolismo de carboidratos é muito sensível às alterações no status hídrico das plantas. Chaves (1991) descreveu que o particionamento dos assimilados é o resultado de um mecanismo coordenado dos processos metabólicos e de transporte, entre as relações fonte/dreno e é dependente de fatores genéticos, ambientais e de desenvolvimento. Como o déficit hídrico afeta a produção e o consumo de fotoassimilados, inevitavelmente ele afetará a partição do carbono foliar e de toda a planta.

Outro efeito importante da piraclostrobina está ligado ao aumento da eficiência do uso da água (KÖEHLE et al., 1994). A piraclostrobina aumenta a síntese dos níveis endógenos de ácido abscísico (ABA) permitindo a planta se aclimatar a situações de estresse hídrico e aumentar a eficiência do uso de água. Sabe-se que o aumento nos níveis endógenos de ABA em condições de estresse hídrico reduz a evaporação da área foliar por fechamento parcial dos estomáticos (KÖEHLE et al., 1994). Este fato leva a planta a economizar água, diminuindo sua perda por transpiração, em contrapartida pode assimilar mais CO₂, permitindo seu melhor aproveitamento e conversão em matéria seca total por unidade de volume de água consumida.

5 CONCLUSÕES

As plantas de café Catuaí 144 cultivadas com 100% AD no substrato e tratadas com piraclostrobina apresentaram maior crescimento e acúmulo de massa seca.

O crescimento vegetativo e o acúmulo de massa seca nas plantas sob déficit hídrico, imposta pelas disponibilidades hídricas de 60 e 30% no substrato não foram favorecidos pela aplicação de piraclostrobina, evidenciando a necessidade do controle da água como estratégia de manejo adequado para a produção.

As análises de crescimento realizadas no cafeeiro mostraram-se capazes de permitir respostas satisfatórias no estudo sobre o efeito da piraclostrobina em condições de diferentes disponibilidades hídricas no substrato.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALARDIN, R. S.; da SILVA, F. D. L.; DEBONA, D.; CORTE, G. D.; FAVERA, D. D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 7, p. 1120-1126, 2011.

BARTETT, D. W. CLOUGH, J. M.; GODFREY, C. R. A.; GODWIN, J. R.; HALL, A. A.; HEANEY, S. P.; MAUND, S. J. Understanding the Strobilurin fungicides. **Pesticide Outlook**, London, n. 1, p. 143-148, 2011.

CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V.; SANGLARD, L. M. V. P.; DAMATTA, F. M. Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia plantarum**, v. 144, p. 111-122, 2012.

CENTURION, J. F.; ANDREOLI, I. Regime hídrico de alguns solos de Jaboticabal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 701-709, 2000.

CHAVES, M. M. Effects of water deficits on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, n. 234, p. 1-16, 1991.

DaMATTA, F. M.; LOOS R. A.; SILVA E. A.; LOUREIRO M. E. Limitations to photosynthesis in *Coffea canephora* as a result of nitrogen and water availability. **Journal of Plant Physiology**, v.159, p. 975-981, 2002.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Impact of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Braz. J. Plant Physiology**, v.18, p.55-81, 2006.

FAGAN, E. B.; NETO, D. 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**, v. 69, p. 771-777, 2010.

FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está atrás do que se vê. 5 ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de passo Fundo, 2011. 734 p.

FREIRE, J. C.; RIBEIRO, M. V. A.; BAHIA, V. G.; LOPES, A. S.; AQUINO, L. H. Respostas do milho cultivado em casa de vegetação a níveis de água em solos da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, n.1, p. 5-8, 1980.

FUJIOKA, K., SHIBAMOTO, T. Chlorogenic acid and caffeine contents in various commercial brewed coffees. **Food Chemistry**, v.106, p.217-221, 2008.

GLAAB, J.; KAISER, W. M. Increased nitrate reductase activity in leaf tissues after application of the fungicide Kresoxim-methyl. **Planta**. Berlin, v. 207, p. 442-448, 1999.

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

JADOSKI, C.J. **Efeitos fisiológicos da piraclostrobina em plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) condicionado sob diferentes tensões de água no solo.** 2012. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2012.

JÚNIOR, J. P.; FAGAN, E. B.; CORRÊA, L. T.; SOARES, J. N.; PEREIRA, I. S.; SILVA, L. G. Resposta fisiológica de mudas de café à aplicação foliar de estrobilurina-piraclostrobina e silício. **Cerrado Agrociências**, n.4, p.42-57, 2013.

KÖEHLE, H.; GROSSMANN, K.; JABS, T.; GERHARD, M; KAISER, W.; GLAAB, J.; CONRATH, U.; SEEHAUS, K.; HERMS, S. Physiological effects of strobilurin fungicide F 500 on plants. **Biochemical Society Transactions**, v. 22, n. 65, 1994.

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**, Hoboken, v. 63, n. 12, p. 1191-1200, 2007.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo – 5ª aproximação.** Vitória: SEEA/INCAPER/ CEDAGRO, 2007. 305p.

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

VANGENUCHTEN, M. T. A closed-form for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980

VENÂNCIO, W. S.; RODRIGUES, M. A. T.; BEGLIOMINI, E.; SOUZA, N. L. Physiological effects of strobilurin fungicides on plants. **Publication UEPG**, v.9, n.3, p. 59-68, 2004.