

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**ECOFISIOLOGIA E POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg SOB DÉFICIT HÍDRICO E
SOMBREAMENTO**

EDINEIA MESSIAS MARTINS BARTIERES

DOURADOS – MS

2019

EDINEIA MESSIAS MARTINS BARTIERES

**ECOFISIOLOGIA E POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg SOB DÉFICIT HÍDRICO E
SOMBREAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestra em Biologia Geral/Bioprospecção.

Orientadora: Prof. Dr^a. Silvana de Paula Quintão Scalon

Coorientadora: Prof. Dr^a. Daiane Mugnol Dresch

DOURADOS – MS

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

B288e Bartieres, Edineia Messias Martins
ECOFISIOLOGIA E POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg SOB DÉFICIT HÍDRICO E SOMBREAMENTO: CRESCIMENTO, METABOLISMO FOTOSSINTÉTICO E ANTIOXIDANTE DE MUDAS DE *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg SOB DÉFICIT HÍDRICO E SOMBREAMENTO [recurso eletrônico] / Edineia Messias Martins Bartieres. -- 2019.
Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Silvana de Paula Quintão Scalon.
Coorientadora: Daiane Mugnol Dresch.
Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2019.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/etor/biblioteca/repositorio>

1. Espécie nativa. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Atividade enzimática. 4. Trocas gasosas. 5. Eficiência do aparato fotossintético. I. Scalon, Silvana De Paula Quintão. II. Dresch, Daiane Mugnol. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

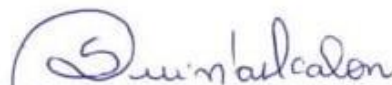
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

"ECOFISIOLOGIA E POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO DE MUDAS DE
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg SOB DÉFICIT HÍDRICO E
SOMBREAMENTO"

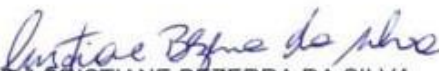
POR

EDINEIA MESSIAS MARTINS BARTIERES

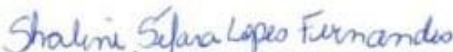
DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE
DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM BIOLOGIA GERAL - ÁREA DE
CONCENTRAÇÃO: "BIOPROSPECÇÃO".



PROF.^a DR.^a SILVANA DE PAULA QUINTÃO SCALON
ORIENTADORA – UFGD



PROF.^a DR.^a CRISTIANE BEZERRA DA SILVA
MEMBRO TITULAR – UFGD



PROF.^a DR.^a SHALINE SÉFARA LOPES FERNANDES
MEMBRO TITULAR – UEMS

Aprovada em 12 de abril de 2019.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida, saúde, força, entendimento e oportunidades que me guiaram para concluir este desafio.

Agradeço carinhosamente a mim, por não ter desistido apesar das dificuldades, por não ter me abandonado, ter crescido e ter tido coragem de me reinventar durante todo esse processo.

Aos meus pais Aldete Maria Messias e Jeronimo Acosta Martins pelo incentivo, apoio, conselhos e exemplo de vontade, determinação, superação e honestidade, que nos momentos de alegrias e de lutas, mesmo na distância, se fizeram presentes, pelas palavras de encorajamento.

A minha grande companheira de todos os momentos Kátia Ferreira Paniagua que me faz se sentir uma pessoa melhor a cada dia, estar do seu lado é a melhor benção que eu poderia ter.

Não posso deixar de agradecer um amigo, a quem muito estimo, que por ser uma pessoa muito compreensiva, acabou se tornando o grande responsável por essa conquista, Dr. Elizeu Souza Lima, meu fiel e adorável amigo que, se faz presente em todas etapas da minha vida.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Silvana de Paula Quintão Scalon por ter me recebido para orientação e por nunca ter se negado a dividir seu tempo precioso, conhecimentos, estímulo ao espírito de pesquisa, simplicidade e alegria.

À minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Daiane Mugnol Dresch pelo estímulo, ensinamentos transmitidos e confiança.

À Universidade Federal da Grande Dourados por meio do laboratório de Metabolismo de plantas por toda sua infraestrutura fornecida para o desenvolvimento da pesquisa formação profissional.

Aos amigos de laboratório Edvânia Cardoso, Lucas Coutinho, Maílson Jesus, Suzielli Nazzi por terem colaborado de forma direta e indireta e, pelas conversas que tornaram esse desafio mais divertido com a convivência diária.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

BARTIERES, E.M.M. **Ecofisiologia e potencial de recuperação de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg sob déficit hídrico e sombreamento** Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) - Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, 2019.

RESUMO GERAL

A Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg) é uma arbórea nativa que possui ampla distribuição geográfica pelo território nacional, com diversos potenciais socioambientais. O conhecimento das respostas fisiológicas e morfofisiológicas de espécies nativas frente a diferentes fatores ambientais são relevantes para a produção de mudas de qualidade destinadas à implantação de projetos de recuperação de áreas degradadas e de reflorestamento. Em vista disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, atividade de enzimas antioxidantes e o crescimento de mudas de *C. xanthocarpa* submetidas a diferentes condições de sombreamentos, bem como o potencial de recuperação das mudas após o fornecimento normal de água. Este trabalho foi dividido em dois capítulos: No primeiro capítulo, foram avaliadas as trocas gasosas, área foliar, conteúdo relativo de água (CRA), altura, número de folhas e comprimento da raiz. No segundo capítulo, o Índice de qualidade de mudas (IQD), potencial hídrico (Ψ_w), índice de clorofila, a eficiência do aparato fotossintético e atividade antioxidante de mudas de *C. xanthocarpa* sob diferentes disponibilidades hídricas e luminosas. As mudas submetidas ao déficit hídrico e cultivadas sob 0% de sombreamento apresentaram redução ao conteúdo relativo de água e de todas as características do metabolismo fotossintético e da parte aérea, que se recuperaram com o restabelecimento do fornecimento de água. Sob irrigação intermitente a 0% de sombreamento as mudas apresentaram maior resposta antioxidante. Diante disso foi constatado que o sombreamento 30 e 70% amenizaram o estresse hídrico nas mudas sob irrigação intermitente, e que após o fornecimento de água, todas características se recuperam, exceto a atividade das enzimas peroxidase e superóxido que continuaram elevadas. O número de dias de avaliação da recuperação deve ser aumentado, para permitir que as mudas recuperem os níveis de atividade das enzimas.

Palavras-chave: Espécie nativa, disponibilidade hídrica, atividade enzimática, trocas gasosas, eficiência do aparato fotossintético

BARTIERES, E.M.M. **Ecophysiology and recovery potential of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg under water deficit and shading.** (Master in General Biology/Bioprospection) – Faculty of Biologic Science and Environmental, Federal University of the Grande Dourados, 2019.

GENERAL ABSTRACT

Guabirola (*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg) is a native tree in the Brazilian Cerrado that has a wide geographic distribution throughout the national territory, has several socioenvironmental potentials. To improve the utilization of water resources to produce quality seedlings or the implementation of projects to recover degraded areas and reforestation, it is necessary to know the physiological and morphophysiological responses of the species to the different environmental factors. The ability of species to withstand water stress is critical for their distribution along a gradient of regeneration of clearings. The objective of this work was to evaluate the effect of the water deficit on the gaseous exchange responses, antioxidant enzyme activity and the growth of *C. xanthocarpa* seedlings submitted to different shading conditions, as well as the recovery potential of after normal water supply. This work was divided into two chapters: In the first chapter, gas exchange, leaf area, relative water content (RWC), height, number of leaves and root length were evaluated. In the second chapter are the Dickson quality index of seedlings (DQI), water potential (ψ_w), Chlorophyll index, the efficiency of the photosynthetic apparatus and antioxidant activity of *C. xanthocarpa* seedlings under different water availability. The seedlings submitted to the water deficit and cultivated under 0% shading had a reduction in the relative water content, all photosynthetic metabolism characteristics and aerial part, which recovered with water restoration. Under intermittent irrigation at 0% shading, the seedlings had a higher antioxidant response. It was observed that shading 30 and 70% reduced the water stress in the seedlings under intermittent irrigation, and that after the water supply all characteristics recovered, except for the activity of the POD and SOD enzymes, which remained high. Therefore, it is suggested that the evaluation days of the recovery be prolonged, to allow the seedlings to regain the activity levels of the enzymes.

Keywords: Native species, water availability, enzymatic activity, gas exchange, photosynthetic efficiency

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vi
GENERAL ABSTRACT.....	vii
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVOS	4
Geral	4
Específicos.....	4
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO 1 - MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O. Berg SOB ESTRESSE HIDRICO E LUMINOSO	7
Resumo	7
Abstract.....	8
1. Introdução.....	9
2. Material e Métodos.....	10
3. Resultados.....	13
4. Discussão.....	19
5. Conclusões.....	24
6. Referências Bibliográficas.....	24
CAPÍTULO 2 - SOMBREAMENTO NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE <i>Campomanesia xanthocarpa</i> (MART.) O. BERG	28
Resumo	28
Abstract.....	29
1. Introdução.....	30
2 Material e Métodos.....	31
3. Resultados.....	33
4. Discussão.....	40
5. Conclusões.....	44
6. Referências Bibliográficas.....	41
ANEXOS	49

INTRODUÇÃO GERAL

A água é um dos recursos fundamentais para os processos vitais da planta, seus níveis adequados asseguram o crescimento, sobrevivência e a realização dos processos fisiológicos, como a fotossíntese e a absorção de nutrientes. Entretanto, nos últimos anos, tem sido registradas discrepâncias no regime hídrico, ocorrendo chuvas ou secas prolongadas resultante das mudanças climáticas, ocasionando aumento da temperatura atmosférica e mudanças na distribuição da precipitação (MANTOVANI et al., 2018). O déficit hídrico durante grande parte do ano faz com que a fisionomia e a flora variem grandemente.

O déficit hídrico, representado pelo desequilíbrio entre a disponibilidade de água no solo e a demanda evaporativa, pode ocorrer naturalmente no campo provocando uma diminuição no acúmulo de carbono, decréscimo na expansão dos tecidos e redução do número de células, influenciando negativamente na produtividade e nos parâmetros fisiológicos das espécies (TARDIEU et al., 2011; LISAR et al., 2012).

Em condições de déficit hídrico, o turgor de células vegetais é reduzido e ocorre uma série de efeitos nocivos sobre a fisiologia da planta, como redução das trocas gasosas, redução do crescimento celular, síntese proteica, mudanças nas variáveis relacionadas a fluorescência da clorofila *a*, decréscimo na atividade enzimática do ciclo de Calvin e de outras enzimas como peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD), as quais combatem o estresse oxidativo que poderia gerar um estado de desequilíbrio crescente (COSTA et al., 2015).

A fotossíntese é muito sensível à disponibilidade de água, sendo que o déficit hídrico a reduz por meio do fechamento dos estômatos e diminui a eficiência do processo de fixação de carbono. Pinheiro e Chaves (2011) observaram que a fotossíntese é um dos processos fisiológicos mais sensíveis ao déficit hídrico, onde os estômatos se fecham nos horários mais quentes do dia, para minimizar as perdas de água por transpiração. Os estômatos desempenham um papel fundamental na adaptação das plantas, nas mudanças das condições ambientais e ao estresse, pois controlam as perdas de água pela transpiração e absorção de CO₂, necessária à fotossíntese e ao crescimento da planta, otimizando o uso da água em condições de seca (EGEA et al., 2011).

Além disso o sistema radicular, pelo contato direto com o solo, é a primeira parte da planta a detectar e sinalizar às demais células, tecidos e órgãos os efeitos do estresse hídrico. A desidratação do tecido radicular pode causar um parcial fechamento dos estômatos, diminuindo as trocas gasosas e conseqüentemente a produção de biomassa, dado ao decréscimo da

fotossíntese, evidenciando que está mais relacionado ao conteúdo hídrico do solo do que ao próprio conteúdo hídrico da planta (CUNHA et al., 2013; ROCHA et al., 2017). Portanto, quando a água no solo diminui, o potencial hídrico das plantas é reduzido, em função das maiores resistências criadas para o fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera, assim o potencial hídrico da planta atinge valores muito baixos, devido à redução da disponibilidade de água no solo e a planta não consegue mais extrair água, podendo a perda de turgescência ser irrecuperável (ROCHA et al., 2017).

A redução na absorção de água das plantas pelo sistema radicular funciona como um sensor da seca no solo, da mesma forma que os estômatos se fecham em resposta ao déficit de pressão de vapor, que são os sensores da seca no ar, já que, antes que ocorra uma redução do potencial de água na folha, ocorre a indução do fechamento estomático e a inibição do desenvolvimento da área foliar (ROCHA et al., 2017).

Por outro lado, a saturação hídrica do solo pode afetar o crescimento de raízes e da parte aérea das plantas, tanto pela inibição do alongamento dos entrenós, quanto pela inibição da expansão das folhas, podendo também acelerar a senescência e abscisão destas. Nessa condição, a dinâmica da física do solo é alterada de maneira significativa pela saturação hídrica, uma vez que diminui os espaços aeríferos do solo limitando as trocas gasosas com a atmosfera, trazendo como consequência, alterações no metabolismo das células radiculares (SCALON et al., 2011).

A guabiroba conhecida como *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg é uma espécie arbórea da família Myrtaceae, com ampla distribuição geográfica, sendo encontrada na região sul do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, com ocorrência em fitofisionomias do Bioma Mata Atlântica como florestas estacionais e do Bioma Cerrado, em matas de galerias. Essa espécie tem uma grande exploração econômica pelos frutos, sendo utilizada como antioxidante e conservante pelo mercado farmacêutico, além de ser empregada nas indústrias de alimentos (PEREIRA et al., 2012; PEREIRA et al., 2015). As folhas de *C. xanthocarpa* também são usadas na medicina tradicional brasileira para tratar várias doenças, dentre elas a gripe, inflamações, reumatismo, colesterol e doenças relacionadas com o fígado (DALANHOL et al., 2017). Estudos têm demonstrado que essa planta proporciona muitos benefícios para o ser humano, além de ser considerada uma excelente opção para paisagismos e restauração em áreas degradadas de preservação permanente (VALLILO et al., 2008; ALBUQUERQUE, 2016; MENDES et al., 2018), pois é uma espécie classificada como secundária tardia (GANDOLFI et al., 1995), que apresenta um bom desenvolvimento em locais sombreados. Entretanto, existem poucos estudos sobre essa espécie referente a metodologias para produção de mudas

com qualidade para venda comercial, e até mesmo aspectos fisiológicos da mesma, quando cultivada a campo ou em casa de vegetação, onde está sujeita aos estresses abióticos (AQUINO e BARBOSA, 2009).

Os estresses abióticos nas plantas ocorrem frequentemente sob diferentes tipos de estresse de forma simultânea (estresse múltiplo), por exemplo, os níveis elevados de irradiação de luz UV são geralmente acompanhados por outros fatores de estresse ambiental, como seca e altas temperaturas (CHAVES et al., 1997).

Porém ainda não são evidentes os efeitos de fatores ambientais no desenvolvimento de plantas, por isso, torna-se essencial a avaliação dos efeitos desses fatores na fisiologia do crescimento das espécies de grande importância econômica e ecológica que ocorrem na transição de biomas - conjunto de diferentes ecossistemas (SOUZA et al., 2010).

A procura de informações relativas as ações de preservação e reflorestamento de áreas degradadas com espécies nativas é um assunto relevante, pois existe a necessidade de conhecer as estratégias de sucessão ecológica e habilidades competitivas que as espécies florestais nativas possuem. A distinção dos grupos de sucessões referente a tolerância à sombra e luz podem indicar diferenças na autoecologia das espécies que apareceriam em resposta a um gradiente de luz dinâmico. Grupos podem diferir entre si de acordo com taxas de crescimento, sobrevivência, assim como na capacidade fotossintética. Pesquisadores relataram que algumas espécies arbóreas, quando submetidas as condições adversas no meio ambiente, apresentam alta capacidade de absorver água e nutrientes, resistência as pragas relacionadas ao estresse hídrico, garantindo assim o sucesso da restauração ambiental (SCABORA et al., 2010; SOUZA et al, 2018).

O estudo das respostas ecofisiológicas de plantas nativas são de suma importância e escassos, não sendo encontradas informações sobre as respostas fisiológicas que permitam o entendimento das estratégias evolutivas de sobrevivência necessárias para o manejo e conservação desse ecossistema antropizado.

Diante do exposto este trabalho buscou testar as seguintes hipóteses:

As mudas de *C. xanthocarpa* são intolerantes ao cultivo sob déficit hídrico, o qual desencadeia redução no seu metabolismo fotossintético e conseqüentemente no crescimento;

O sombreamento minimiza os efeitos do déficit hídrico e possibilita a retomada do metabolismo e crescimento quando ocorre a normalização do fornecimento de água;

O metabolismo antioxidante viabiliza ajustes à condição estressante e a retomada do crescimento.

OBJETIVOS

Geral

Avaliar o efeito do déficit hídrico e níveis de sombreamento sobre as respostas fotossintéticas, de proteção e potencial de recuperação das mudas de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa*).

Específicos

Avaliar o metabolismo fotossintético e o crescimento de mudas de *C. xanthocarpa* submetidas ao déficit hídrico e diferentes sombreamentos e o potencial de recuperação após a suspensão da condição estressante.

Avaliar a eficiência do aparato fotossintético e atividade antioxidante de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba) submetidas ao déficit hídrico intermitente e diferentes níveis de sombreamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J. S. Propagação vegetativa de guabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg.) Pelo método de enxertia. 2016. 31f. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, 2016.

AQUINO, C; BARBOSA, L. M. Classes sucessionais e síndromes de dispersão de espécies arbóreas e arbustivas existentes em plantas ciliares remanescentes (Conchal, SP), como subsídio para avaliar o potencial do fragmento como fonte de propágulos para o enriquecimento de áreas revegetadas no rio Mogi-Guaçu, SP. **Revista Árvore**, v.33, n.2, p.349-358, 2009.

COSTA, A. S.; FREIRE, A. L. D. O.; HEVILÁSIO, I. A. B. E. F.; PEREIRA, F. Respostas fisiológicas e bioquímica de plantas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

CUNHA, R. L. M.; FILHO, B. G. S.; COSTA, R. C. L.; VIÉGAS, I. J. M. Physiological assessment in Young Brazilian and African mahogany plants during the dry and rainy seasons in northeastern Pará state, Brazil. **Revista Ciências Agrárias**, v. 56, n. 3, p. 255-260, 2013.

DALANHOL, S. J.; NOGUEIRA, A. C.; GAIAD, S.; KRATZ, D. Effect of mycorrhizae and fertilization on growth seedlings of *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg., Produced in different substrates. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 931-945, 2017.

EGEA, G.; VERHOEF, A.; VIDALE, P. L. Towards an improved and more flexible representation of water stress in coupled photosynthesis–stomatal conductance models. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.151, n.10, p. 1370-1384, 2011.

GANDOLFI, S; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista brasileira de biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

LISAR, S. T.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN. I. M. M.; Water Stress in Plants: Causes, Effects and responses. In: RAHMAN, I.M. M. **Water stress**. Rijeka: In Tech, 2012. p. 1-14.

MANTOVANI, E. C.; DELAZARI, F. T.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; VIEIRA, G.; LANDIM, F. Produtividade e uso eficiente da água de duas cultivares de batata-doce em função de lâmina de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 4, p. 602-606, 2018.

MENDES, R. M.; PINTO, E.; SOARES, D. Determinação dos compostos bioativos da guabiroba. **Agrarian**, v. 11, n. 39, p. 68-72, 2018.

PEREIRA, M. C.; STEFFENS, S. R.; JABLONSKI, A.; HERTZ, P. F.; RIOS, A. O.; VIZZOTO, M.; FLÔRES, S. H. Characterization and antioxidant potential of Brazilian fruits from the Myrtaceae family. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 12, p. 3061-3067, 2012.

PEREIRA, M. C.; HILL, L. E.; ZAMBIAZI, R. C.; TALCOTT, S. S.; TALCOTT, S.; GOMES, C.C. L. Nanoencapsulation of hydrophobic phytochemicals using poly (DL-lactide-co-

glycolide) (PLGA) for antioxidant and antimicrobial delivery applications: Guabiroba fruit (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg) study. **Food Science and Technology**, v. 63 p. 100 - 107, 2015.

PINHEIRO, C.; CHAVES, M. M. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? **Journal of Experimental Botany**, v.62, p. 869-882, 2011.

ROCHA, M. D. A. M.; VIEIRA, J. M. S. S.; LACERDA, C. F.; BARBOSA, F. E. L. Respostas fisiológicas diárias de espécies lenhosas sob estresse hídrico, em solo com e sem adição de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 11, n. 2, 2017.

SCABORA, M. H.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R.; Crescimento, fosfatase ácida e micorrização de espécies arbóreas em solo de cerrado degradado. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 445-451, 2010.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SOUZA, B. D.; MEIADO, M. V.; RODRIGUES, B.M.; SANTOS, M. G. Water relations and chlorophyll fluorescence responses of two leguminous trees from the Caatinga to different watering regimes. **Acta Physiol Plant**, v.32, p. 235-244, 2010.

SOUZA, S. C. P. M.; SANTOS, F. A. M.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. Dinâmica populacional de doze espécies arbóreas de diferentes grupos ecológicos em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Submontana. **Scientia plena**, v. 14, n. 5, p. 1-15, 2018.

TARDIEU, F.; GRANIER, C.; MULLER, B. Water deficit and growth. Co-ordinating processes without an orchestrator? **Current Opinion in Plant Biology**, v.14, p. 283-289, 2011.

VALLILO, M. I.; MORENO, P. R. H.; OLIVEIRA, E. D.; LAMARDO, L. C. A.; GARBELOTTI, M. L. Composição química dos frutos de *Campomanesia xanthocarpa* Berg-Myrtaceae. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. suppl 0, p. 231-237, 2008.

CAPÍTULO 1 - MORFOFISIOLOGIA DE MUDAS *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg SOB ESTRESSE HIDRICO E LUMINOSO

Resumo

Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O.Berg é uma planta nativa no Cerrado com potencial de adaptação em ambientes estressantes, exploração comercial, medicinal e recuperação de áreas degradadas. Este estudo teve como objetivo avaliar o metabolismo fotossintético, o crescimento e o potencial de recuperação após a reidratação das mudas submetidas ao déficit hídrico em diferentes sombreamentos. As mudas foram submetidas a dois regimes hídricos (Irrigação contínua – IC e irrigação intermitente - II), três sombreamentos (0, 30 e 70%) e seis tempos de avaliações (Início, 1ª Fotossíntese Zero - 1ª F0, 1ª Recuperação - 1ª Rec, 2ª Fotossíntese Zero - 2ª F0, 2ª Recuperação - 2ª Rec e Final). As plantas cultivadas sob déficit hídrico a 0% de sombreamento apresentaram redução no metabolismo fotossintético, conteúdo relativo de água (CRA), área foliar, número de folhas e altura, principalmente nos períodos estressantes 1ª F0 e 2ª F0. A *Campomanesia xanthocarpa* reduz o conteúdo relativo de água e altera seu metabolismo mas consegue se recuperar com a retomada do fornecimento de água. Os sombreamentos de 30 e 70% minimizam o déficit hídrico possibilitando a recuperação das características avaliadas.

Palavras-chaves: Guabiroba, sombreamento, metabolismo fotossintético, estresse abiótico.

MORPHOPHYSIOLOGY OF SEEDLINGS *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg UNDER HYDRICAL STRESS AND LUMINOUS

Abstract

Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg, a plant native in Cerrado, with potential for adaptation in stressful environments, commercial, medicinal exploitation, and recovery of degraded areas. The objective of this study was to evaluate the capacity of photosynthetic metabolism, growth and recovery potential after rehydration of the seedlings submitted to water deficit in different shading. The seedlings were submitted to two water regimes (continuous irrigation - CI and intermittent irrigation - II), three shading (0, 30 and 70%) and six evaluation times (Start, 1st Zero Photosynthesis - 1st F0, 1st Recovery - 1st Rec., 2nd Zero photosynthesis - 2nd F0, 2nd Recovery - 2nd Rec and Final). Plants cultivated under water deficit at 0% shading had a reduction in photosynthetic metabolism, relative water content (RWC), leaf area, number of leaves and height, especially in the stress periods 1^a F0 and 2^a F0. The seedlings showed recovery after the water supply and shading of 30 and 70% mitigate the water deficit.

Keywords: Guabiroba, shading, photosynthetic metabolism, abiotic stress.

1. Introdução

A *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg (Myrtaceae), popularmente conhecida como “guabiroba” possui ampla distribuição geográfica, estando presente na região sul do Brasil e com distribuição pela Argentina, Paraguai e Uruguai (FLORA DO BRASIL, 2018; TRÓPICOS TMBG, 2018). Segundo a Lista Vermelha da Flora Brasileira essa espécie é comumente encontrada nos Biomas Mata Atlântica e Cerrado, sendo considerada como “pouco preocupante”(LC) quanto ao risco de extinção (CNCFlora, 2018).

As folhas, frutos, cascas, madeira e caule têm grande potencial para a exploração comercial e medicinal, sendo usada para tratar várias doenças, reduzindo os níveis de colesterol no sangue em níveis hipercolesterolêmicos (KLAFKE et al., 2010). É uma planta comumente encontrada em formações florestais com solos de elevada matéria orgânica (SOARES-SILVA et al., 1998., SOUZA et al., 2017) altamente atrativa a fauna dispersora. No entanto, pouco se sabe sobre o metabolismo associado ao estresse hídrico e luminoso para o desenvolvimento dessa espécie.

Para a maioria das plantas, sob condições de baixa disponibilidade hídrica no solo, vários processos metabólicos podem ser influenciados, como o fechamento estomático, redução da condutância estomática, redução da fotossíntese e transpiração, diminuição do desenvolvimento da área foliar, redução na produção e translocação de fotoassimilados, levando ao declínio da taxa de crescimento (SCALON et al., 2011; TONELLO e TEIXEIRA FILHO, 2018). Estas condições levam a um comprometimento das atividades enzimáticas, em especial de enzimas responsáveis pelos processos de fixação e assimilação do gás carbônico e síntese do ATP e enzimas antioxidantes (CAMPELO et al., 2015).

Algumas plantas sob déficit hídrico até completam a recuperação fotossintética quando submetidas ao estresse leve ou moderado, desde que apresentem mecanismos fisiológicos de tolerância a desidratação, como ajuste osmótico ou elástico. Outras plantas em quadro severo de estresse, a recuperação é lenta ou quase nula (ROSA et al., 2017).

Por esse motivo muitos trabalhos com espécies nativas que buscam informações sobre a produção de mudas para reflorestamento em áreas sujeitas ao déficit hídrico, levam em consideração respostas fisiológicas como as trocas gasosas que elas apresentam (JUNGLOS et al., 2016; ROJAS et al. 2018). Associados a estes, alguns estudos sobre espécies florestais brasileiras têm constatado diferentes comportamentos em relação aos diferentes níveis de sombreamento, os quais podem amenizar a temperatura da planta, favorecendo o crescimento,

fotossíntese, transpiração e síntese de clorofila (AZEVEDO et al., 2015; AMARAL et al., 2018).

Diante do exposto este trabalho procurou testar as hipóteses de que as mudas de *C. xanthocarpa* são intolerantes ao déficit hídrico, o qual desencadeia redução no seu metabolismo fotossintético e conseqüentemente o crescimento, além de verificar se o sombreamento minimiza os efeitos do déficit hídrico e possibilita a retomada do metabolismo e crescimento quando ocorre a normalização do fornecimento de água.

Assim, objetivou-se neste trabalho avaliar o metabolismo fotossintético e o crescimento de mudas de *C. xanthocarpa* submetidas ao déficit hídrico e diferentes sombreamentos e o potencial de recuperação após a suspensão da condição estressante.

2. Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no viveiro da Faculdade de Ciências Agrárias na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados – MS, durante os meses de novembro de 2017 a março de 2018. Foram produzidas 144 mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em tubetes de 50 x 190 mm contendo Latossolo Vermelho distroférico de textura argilosa e areia (1:1 v:v) como substrato.

Ao atingirem 15 cm de altura, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 8kg contendo o mesmo tipo de solo/substrato e para aclimação durante 20 dias. A unidade experimental foi constituída por um vaso contendo duas mudas cada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado 3 x 2 x 6, sendo 3 níveis de sombreamentos (0, 30 e 70%), 2 condições de irrigação (Irrigação contínua – IC e irrigação intermitente - II) e seis períodos de avaliações (Início, 1ª Fotossíntese Zero - 1ª F0, 1ª Recuperação - 1ª Rec, 2ª Fotossíntese Zero - 2ª F0, 2ª Recuperação - 2ª Rec e Final), com três repetições.

O experimento foi conduzido em local coberto com plástico transparente a 0% de sombreamento e o plástico associado a uma tela de nylon preta conhecida como sombrite para simular o sombreamento de 30 e 70%. Em cada sombreamento as mudas foram divididas em dois blocos, sendo o primeiro com a irrigação contínua e o segundo com a irrigação intermitente, totalizando 48 mudas por sombreamento.

As avaliações foram realizadas no começo do período experimental (Início – 0 dias) e as demais quando verificadas em alguns dos tratamentos, uma condição de fotossíntese próxima a zero (1ª e 2ª Fotossíntese Zero – 13 e 44 dias) e recuperação da fotossíntese zero em pelo

menos um dos tratamentos (1ª e 2ª Recuperação – 25 e 52 dias) e a última avaliação caracterizada como a Final (106 dias).

Durante a condução do experimento, das plantas controle (IC) receberam irrigação periodicamente a fim de manter 70% da capacidade de retenção de água do substrato e para o tratamento (II) caracterizado pelo estresse, houve a suspensão da irrigação até que a taxa fotossintética apresentasse níveis próximos de zero, quando as mudas foram novamente submetidas ao fornecimento de água diária, mantendo 70% da capacidade de retenção de água, até que a taxa fotossintética alcançasse no mínimo 80% do valor do controle do mesmo nível de sombreamento. Mais um ciclo de suspensão da irrigação foi realizado e as mudas avaliadas até 45 dias após a segunda recuperação e o experimento foi finalizado aos 106 dias.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

O conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) foi determinado após cada período de suspensão da irrigação, em quatro folhas de cada tratamento, segundo a expressão matemática: $CRA = 100 [(massa\ fresca - massa\ seca) / (massa\ saturada - massa\ seca)]$. As folhas foram coletadas às 7:00 h da manhã e levados ao laboratório, posteriormente cortadas com cilindros de área conhecida. Após pesagem da massa fresca, foram colocadas em placas de petri com água destilada por 24 h para saturação. Após pesagem dos discos saturados foram secas para determinação da massa seca.

Para as avaliações das taxas fotossintéticas (A), transpiração (E), condutância estomática (Gs), concentração interna de CO₂ (Ci), as relações eficiência do uso da água – EUA (A/E), eficiência da carboxilação da rubisco (A/Ci) e eficiência intrínseca do uso de água – EIUA (A/Gs), foram utilizados o analisador de gás no infravermelho (IRGA) marca ADC, modelo LCI PRO. As avaliações foram realizadas em quatro mudas de cada sombreamento, duas mudas com irrigação contínua e duas com irrigação intermitente no período da manhã entre as 8 e 11 horas, nas mesmas folhas previamente marcadas do início ao fim do experimento. Foram avaliados em folhas intermediárias maduras de idade similar e mesma posição no caule de duas plantas de cada repetição

Foram analisados também o número de folhas por planta, a área foliar com o integrador de área foliar LI-COR modelo LI-3100C, comprimento da raiz e altura medido com auxílio de régua. Foram avaliadas duas plantas de cada repetição. A abertura estomática foi determinada a partir de impressões paradérmicas preparadas no período da manhã, entre 8 e 11 horas, com cola SuperBonder® em amostras da região mediana do limbo na face adaxial e abaxial.

Dados de temperatura e umidade relativa durante o período experimental foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados – MS (Figura 1).

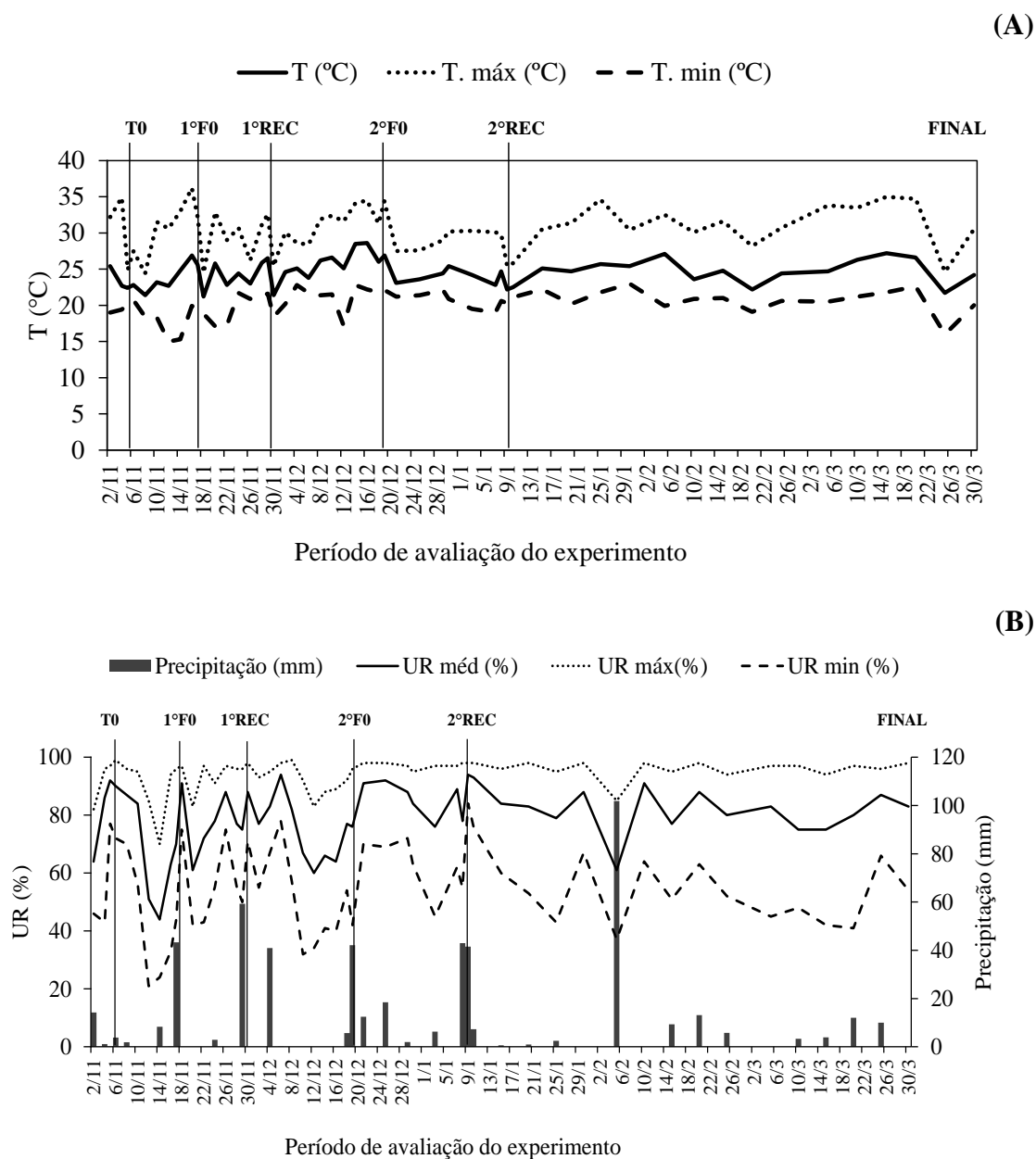


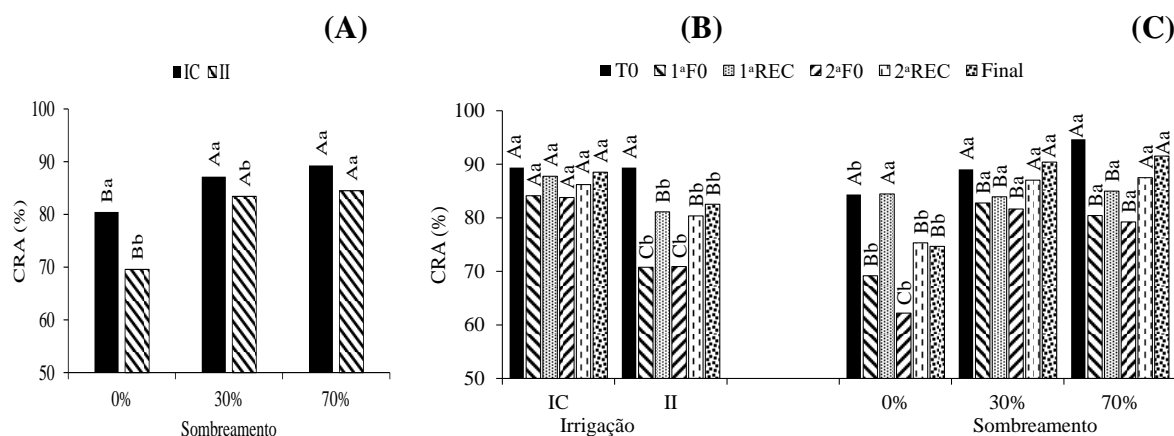
Figura 1: Temperatura (A) e úmida relativa (B). Médias durante os períodos de avaliações (Início; 1ª FO = 1ª fotossíntese Zero; 1ª REC = 1ª Recuperação; 2ª FO = 2ª fotossíntese Zero; 2ª REC = 2ª Recuperação, Final), Dourados – MS, 2018.

Para análises dos resultados foi utilizado o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010). Os dados foram submetidos à análise da variância e os efeitos

significativos para as médias de sombreamentos foram comparados pelo teste de Tukey, os períodos experimentais pelo teste Scott Knott e as condições de irrigação pelo teste T de Bonferroni todos a 5% de probabilidade.

3. Resultados

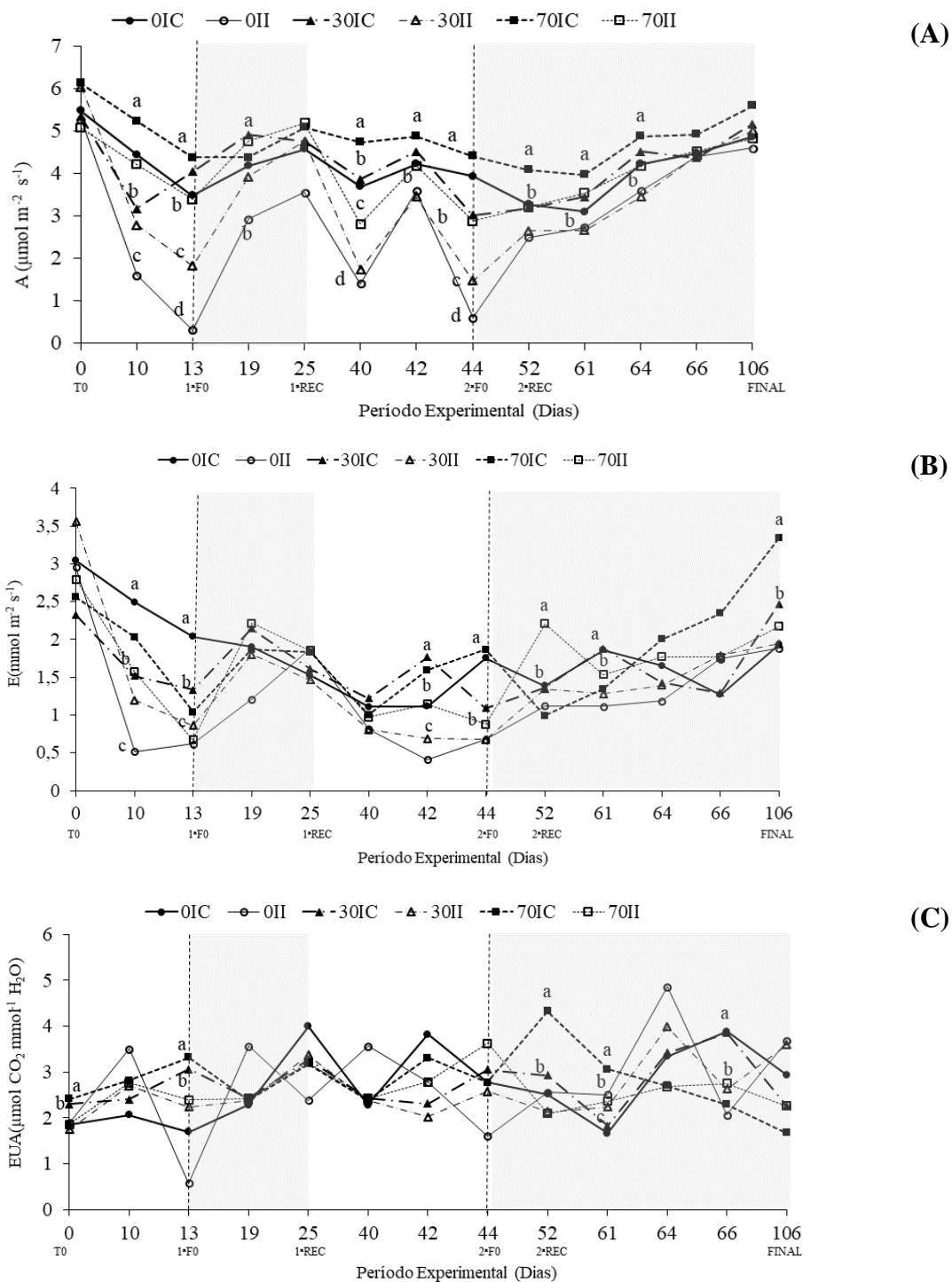
O conteúdo relativo de água (CRA) reduziu sob déficit hídrico, entretanto, sob sombreamento, embora tenha reduzido, manteve-se maior que sob 0% de sombreamento, sugerindo que os sombreamento de 30 e 70% amenizaram o déficit hídrico nas mudas (Figuras 2A, B e C). Observa-se também que, com a irrigação intermitente, o CRA reduziu significativamente na 1ª e 2ª F0. Elevação no conteúdo relativo de água foi observada para a maioria dos tratamentos durante a recuperação.



Letras maiúsculas comparam a mesma irrigação nos diferentes níveis de sombreamentos (A) e períodos experimentais (B) e o mesmo sombreamento nos diferentes períodos experimentais (C). Letras minúsculas comparam diferentes condições de irrigação no mesmo sombreamento (A) e períodos experimentais (B) e o mesmo período nos diferentes sombreamentos (C).

Figura 2: Conteúdo relativo de água de mudas *Campomanesia xanthocarpa* (CRA) em função das condições de irrigação contínua (IC) e intermitente (II), sombreamentos (0, 30 e 70%), (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese Zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

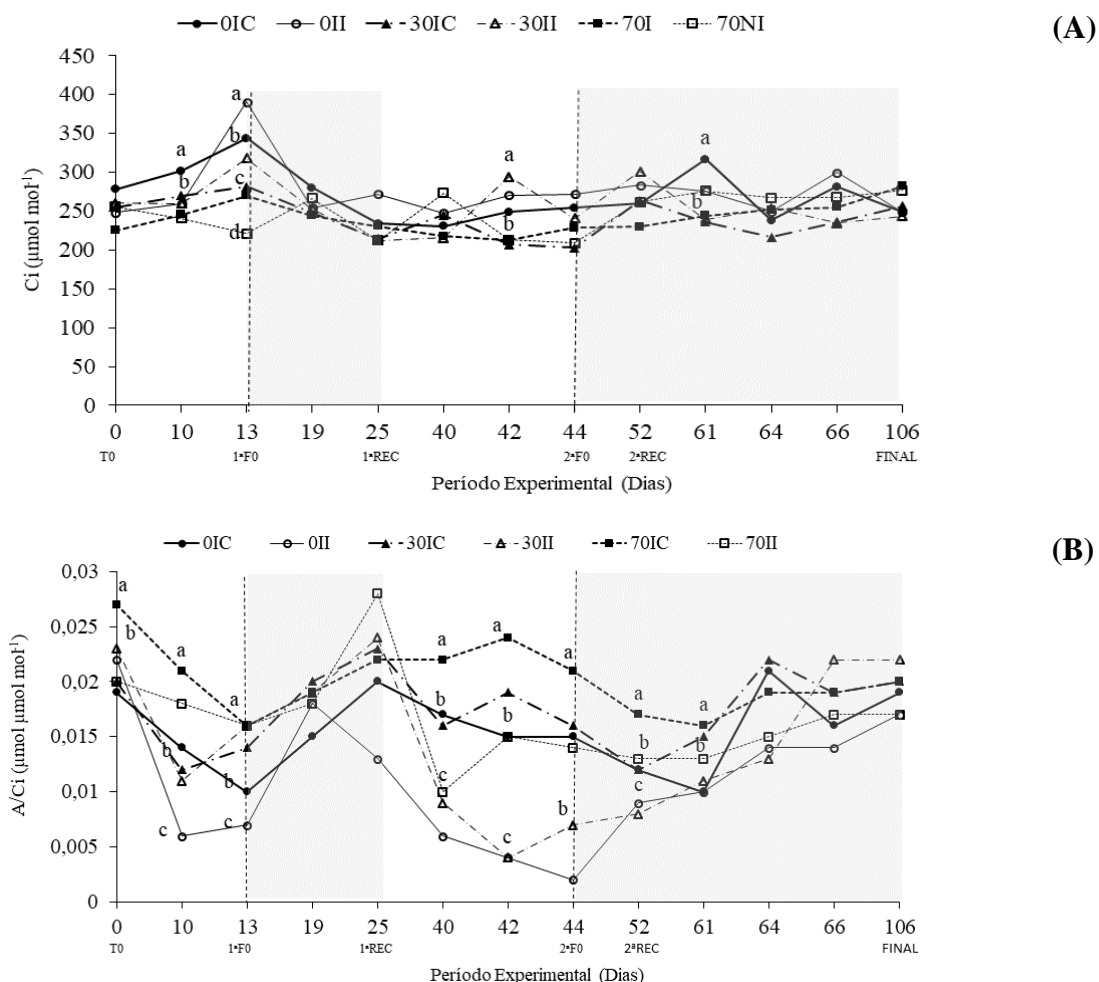
A taxa fotossintética (A) foi menor nas mudas sob irrigação intermitente a 0 e 30% de sombreamento na 1ª e 2ª fotossíntese zero (Figura 3A). Sob irrigação intermitente, as mudas apresentaram recuperação aos 52 dias pelo critério estabelecido de 80% do valor do controle. As menores taxas de transpiração (E) e eficiência do uso da água (EUA) foram observadas nas mudas submetidas a restrição hídrica, nos sombreamentos de 0 e 30% principalmente na 2ª fotossíntese zero. A partir dos 52 dias de avaliação apresentaram recuperação dos seus valores. (Figura 3B e C).



Letras minúsculas diferentes entre si no mesmo dia, os quais indicam diferença estatística entre os tratamentos avaliados. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Figura 3: Valores médios da taxa fotossintética líquida – A (A); Transpiração – E (B) e eficiência do uso de água – EUA (C) em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0,30 e 70%), da irrigação (contínua – IC e intermitente - II) e períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese Zero-F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

As mudas cultivadas sob irrigação intermitente, em 0% de sombreamento apresentaram aumento significativo na concentração interna de CO_2 (Ci) no 13º dia de suspensão da irrigação ($390\mu\text{mol mol}^{-1}$), entretanto na segunda suspensão da irrigação (44º dia) o tratamento não diferiu dos demais.



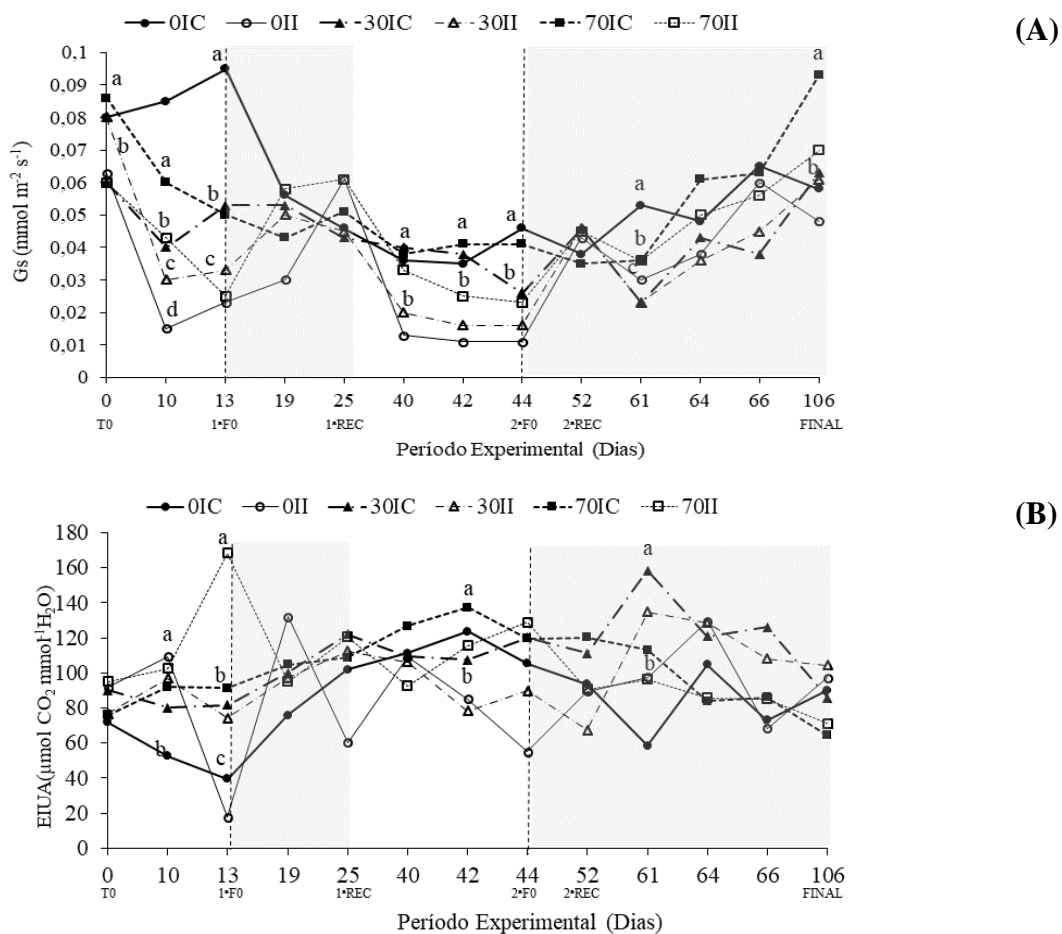
Letras minúsculas diferentes entre si no mesmo dia, os quais indicam diferença estatística entre os tratamentos avaliados. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Figura 4: Concentração interna de CO_2 - Ci (A); eficiência da carboxilação da rubisco - A/Ci (B) em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0,30 e 70%), da irrigação (contínua - IC e intermitente - II) e períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese Zero-F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

A eficiência da carboxilação da rubisco (A/Ci) foi menor nas plantas sob déficit hídrico (II) e 0% de sombreamento na 1ª F0. Entretanto, na 2ª F0 os menores resultados foram observados sob 0 e 30% de sombreamento, que não variaram significativamente entre si (Figura 4B). As mudas sob restrição hídrica a 0% de sombreamento apresentaram redução ao longo das

avaliações. Ressalta-se que, a partir dos 52 dias, as mudas sob restrição hídrica apresentaram menor valor de A/C_i mesmo que não tenha havido diferença significativa entre os valores do controle.

Para a condutância estomática (Gs), as mudas submetidas a irrigação intermitente apresentaram os menores valores ao 13º e 44º dia, independentemente do nível de sombreamento (Figura 5A).



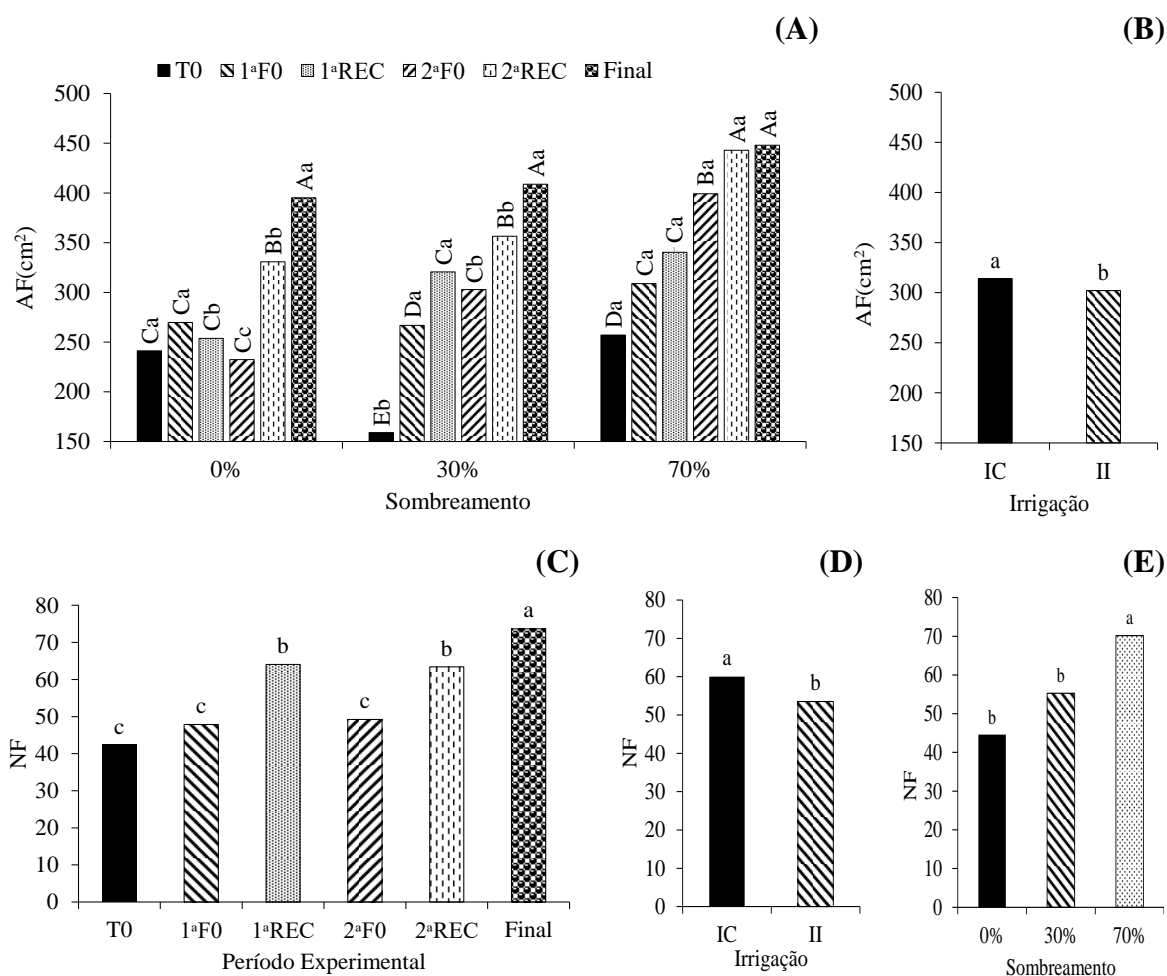
Letras minúsculas diferentes entre si no mesmo dia, os quais indicam diferença estatística entre os tratamentos avaliados. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Figura 5: Condutância estomática- gs (A); eficiência intrínseca do uso da água – EIUA (B) em mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0,30 e 70%), da irrigação (contínua – IC e intermitente - II) e períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese Zero- F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

A condição de 0% de sombreamento proporcionou os menores valores de eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) ao 13º dia de avaliação, independente da condição hídrica, entretanto no segundo ciclo de suspensão da irrigação não foi observada diferença significativa

entre os tratamentos (Figura 5B). Ressalta-se que após a reidratação as mudas submetidas ao déficit hídrico apresentaram recuperação a partir dos 52 dias de avaliações.

A área foliar aumentou ao longo dos períodos de avaliações, sendo que na 2ª F0 as mudas sob os sombreamentos 0 e 30% apresentaram os menores valores (Figura 6A) e na irrigação intermitente (Figura 6B). De maneira semelhante, o número de folhas foi menor nas mudas sob 0% de sombreamento e irrigação intermitente, entretanto, no final das avaliações, as mudas apresentaram aumento significativo no número de folhas, principalmente no 70% de sombreamento (Figura 6C e E).



Letras maiúsculas comparam mesmo sombreamento nos diferentes períodos experimentais (A). Letras minúsculas compara diferentes entre si no mesmo dia indicam diferença estatística entre os tratamentos avaliados.

Figura 6: Área foliar – AF (A e B); Número de folhas (C, D e E) em mudas *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0,30% e 70%) e da irrigação (Irrigação contínua – IC e irrigação intermitente - II) durante os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

Não houve diferença significativa para altura em relação ao déficit hídrico intermitente associado a 30% de sombreamento, diferente de quando ocorreu a associação de 0% e 70%,

havendo incremento em altura nas irrigadas continuamente (Figura 7A). As raízes apresentaram maior comprimento nas mudas sob irrigação intermitente, destacando o estresse nas mesmas tanto na 1ª quanto na 2ª Fotossíntese zero, e os menores valores foram apresentadas nas mudas irrigadas (Figura 7B).

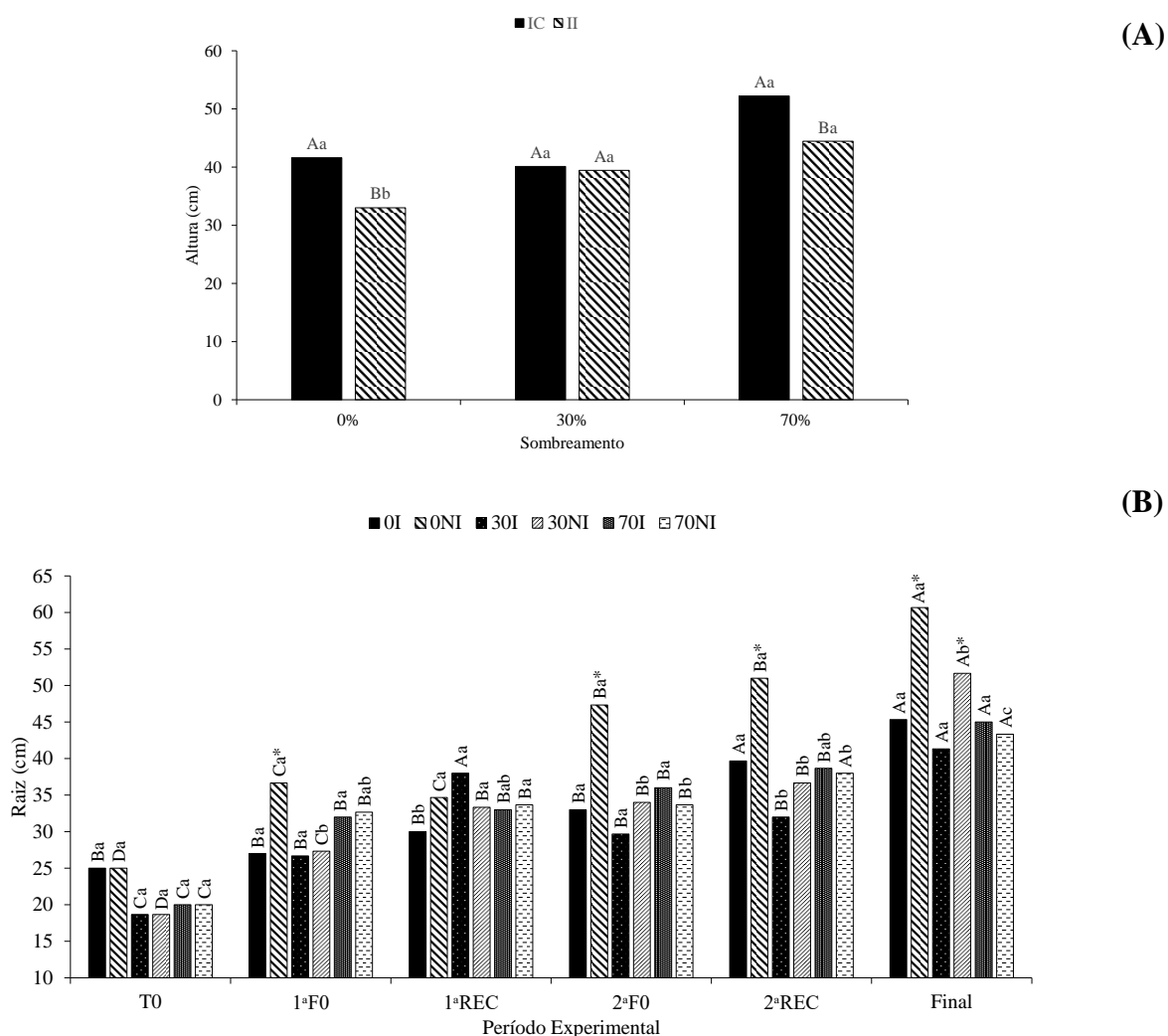
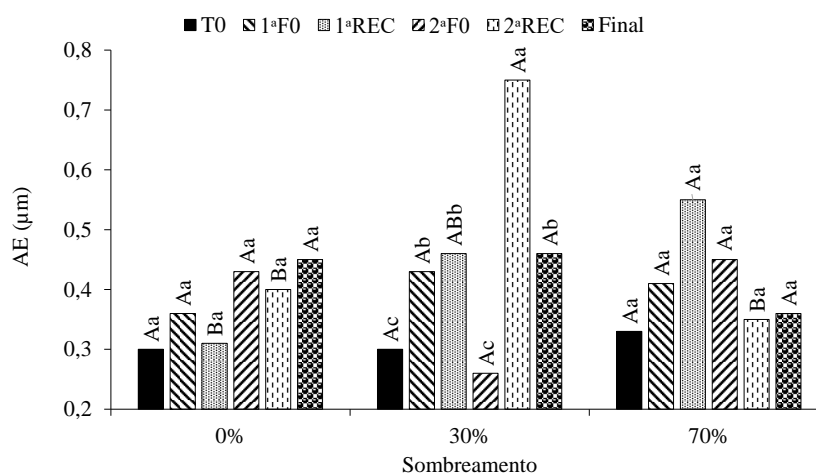


Figura 7A - Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento em diferentes condições de irrigação e letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação em diferentes sombreamentos. Figura 7B - Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais. Letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação e período em diferentes sombreamentos

Figura 7: Altura— A (A) e raiz (B) em mudas *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0, 30 e 70%) e da irrigação (Irrigação contínua – IC e irrigação intermitente - II) durante os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

O sombreamento de 30% proporcionou a menor abertura estomática na 2ª F0, porém aumentou significativamente com o fornecimento normal da água (2ª REC) (Figura 8). Para as

mudas sob os sombreamentos de 0 e 70% não foram observadas diferenças significativas entre os períodos experimentais.



Letras maiúsculas comparam mesmo período experimental nos diferentes sombreamentos. Letras minúsculas comparam o mesmo período experimental nos diferentes sombreamentos.

Figura 8: Abertura estomática – AE em mudas *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0, 30 e 70%) e os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

4. Discussão

As mudas de *Campomanesia xanthocarpa* submetidas a irrigação intermitente apresentaram menor CRA nas folhas, redução nas trocas gasosas e na eficiência de carboxilação da Rubisco e menor crescimento da parte aérea. Estas alterações estão relacionadas à perda da turgescência das folhas, comprovando que o estresse e a desidratação das mudas prejudicam os processos fisiológicos como a expansão celular, fechamento estomático, reduzindo a fotossíntese e metabolismo consequentemente o crescimento das mudas (GONÇALVES et al., 2009; CAMPELO et al., 2015; BENTO et al., 2016; Taiz et al., 2017).

Observamos que o efeito dos sombreamentos de 30 e 70% refletiram nos tecidos foliares de *C. xanthocarpa* auxiliando na hidratação, na manutenção da integridade do sistema de transporte de água e no desenvolvimento de potencial hídrico, quando o solo está em processo de perda de umidade progressiva comprovando que os sombreamentos minimizaram a perda de água dos tecidos vegetativos diante do déficit hídrico. Resultados semelhantes foram observado em *Citrus aurantium* L (MAGALHÃES FILHO et al., 2008).

A menor queda da fotossíntese nas mudas cultivadas sob déficit hídrico e sombreamento sugere efeito benéfico do aumento da atividade de enzimas que combatem o estresse oxidativo,

como por exemplo, a superóxido dismutase (SOD) e a peroxidase (POD) (CAMPELO et al., 2015). A ação dessas enzimas pode ter amenizado o estresse por falta de água o que possibilitou a recuperação fotossintética (A) aos 12 dias após a 1ª fotossíntese zero e aos 8 dias após a 2ª fotossíntese zero, além da eficiência do uso de água (EUA) e da transpiração (E) a partir dos 52 dias.

Esses resultados demonstram que o sombreamento interferiu positivamente na taxa fotossintética das mudas em condição de déficit hídrico, as quais apresentaram tendência de maior fotossíntese sob sombreamentos de 30 e 70% em condição de irrigação contínua. Ao mimetizar condições encontradas na natureza, estas diferentes condições de luminosidade interferem na fotossíntese, síntese de clorofila e nos aspectos fisiológicos das plantas (AZEVEDO et al., 2015), além de reduzir a temperatura ambiente. Essa diferença de comportamento da mesma espécie sob sombreamento pode ser atribuída a diferenças climáticas ocorridas no período do experimento (Figuras 1A e B).

Plantas jovens de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), espécie endêmica do Bioma Amazônia comum em florestas de várzea, quando submetidas à restrição hídrica e à reidratação, também apresentaram redução da taxa fotossintética, condutância estomática e potencial hídrico, e após a reidratação, as plantas se recuperaram (GONÇALVES et al., 2009). Esses resultados demonstram que as mudas de *C. xanthocarpa* assim como *C. guianensis* ambas arbóreas, apresentam alta plasticidade fisiológicas em relação ao déficit hídrico, e são espécies características de formação florestal com elevada umidade do solo.

Mudas de *Calophyllum brasiliense* Cambess. – Calophyllaceae, espécie encontrada em formações florestais semelhante à da *C. xanthocarpa*, também apresentaram reduções no conteúdo relativo de água e da taxa de fotossíntese quando submetidas ao estresse hídrico, e consequentemente da transpiração, da condutância dos estômatos e do suprimento de carbono interno CO₂ (França et al., 2017). Esse mesmo comportamento foi observado por Bento et al. (2016) para mudas de *C. xanthocarpa* sob déficit hídrico, as quais apresentaram redução de todas as características do metabolismo fotossintético quando submetidas a irrigação intermitente, porém não foi observado recuperação dessas características após a retomada da irrigação.

O estresse hídrico afeta diretamente o aparelho estomático, provocando o seu fechamento minimizando a perda de água por transpiração, prejudicando, entretanto, a continuidade das reações metabólicas (ALBUQUERQUE et al., 2013). Assim, a restrição hídrica causa efeitos diretos na capacidade fotossintética das plantas, afetando as reações

bioquímicas, no funcionamento do aparato fotossintético, refletindo no desenvolvimento das espécies arbóreas (CAMPELO et al., 2015).

Embora a transpiração (E) e eficiência intrínseca do uso da água (EIUA) e a condutância estomática (Gs) tenham reduzido sob restrição hídrica e em maior disponibilidade de luz (0 e 30% de sombreamento), após o fornecimento de água as mudas recuperaram todas as características, sugerindo a plasticidade fisiológica dessa espécie.

Tonello e Teixeira Filho (2018) compararam transpiração, condutância estomática e potencial hídrico foliar de *Pterogyne nitens* Tul.; *Myroxylon peruiferum* L. f. e *Aspidosperma polyneuron* Mul. Arg. sob condição de luz natural e diferentes níveis de irrigação e observaram que o maior incremento da transpiração e condutância estomática, ocorre com o aumento da radiação e déficit de pressão de vapor até o ponto de saturação. Entretanto, essa resposta decresce com a diminuição da disponibilidade de água. Segundo esses autores, os estômatos exerceram um forte controle no fluxo transpiratório ao longo do dia.

Segundo Wehr et al. (2017) a condutância estomática pode ser entendida como um mecanismo fisiológico que as plantas terrestres vasculares possuem para o controle da transpiração. Entretanto, conforme a planta passa por maiores restrições de água no solo, ela apresentará restrições na abertura de seus estômatos para liberação de água para a atmosfera.

Observamos neste trabalho que as variações na condutância estomática de *C. xanthocarpa* refletiram as variações na umidade do solo em função da irrigação. Na maioria das espécies, as reduções da condutância estomática associado ao fechamento estomático, diminuem a perda de água quando expostas a condições de baixa disponibilidade hídrica e alta insolação (CAMPELO et al., 2015). Observamos na literatura que a condutância estomática é máxima quando o teor de água da folha é alto, o que ocorre nas primeiras horas da manhã, quando a folha não perdeu muita água por transpiração (MARENCO et al., 2015).

Peltophorum dubium (Spreng.) Taub., espécie secundária inicial com comportamento pioneiro e geralmente dominante em florestas primárias (CARVALHO, 2002), quando submetidas a pleno sol apresenta redução gradual na condutância estomática devido a resistência à entrada de CO₂ e baixa atividade enzimática na assimilação de CO₂. Entretanto, quando cultivadas sob sombreamento apresentam aumento na condutância estomática ao longo do período experimental (KLEIN et al., 2016). Observamos em nosso trabalho comportamento semelhante para *C. xanthocarpa*, que é considerada uma espécie secundária tardia (SILVA et al., 2003). É interessante ressaltar que *Myracrodruon uranandeuva* Fr. All., uma espécie generalista por habitats e observada em várias fitofisionomias, quando submetidas a estresse

hídrico em níveis baixos de luz, também apresenta redução de transpiração e condutância estomática, e conseqüentemente no seu desenvolvimento (QUEIROZ et al., 2002).

Tanto a área foliar quanto o número de folhas, aumentaram ao longo dos períodos de avaliação sendo que na 2ª F0 as mudas sob o sombreamento de 0% apresentaram os menores valores em condição irrigação intermitente. A altura das plantas reduziu sob déficit hídrico intermitente e a 0% de sombreamento, comportamento contrário ao observado para o comprimento da raiz. O sistema radicular é importante na absorção de água e nutrientes do solo e na síntese de reguladores de crescimento da planta (JIN et al., 2015).

Em condições de déficit hídrico há maior expansão das raízes, devido à perda de umidade na superfície do solo, assim desencadeando a síntese de ácido abscísico nas raízes estimulando seu crescimento e ao ser transportado para diferentes partes da planta, apresentam respostas como a supressão do crescimento da folha e a sua abscisão, além do fechamento estomático (TAIZ et al., 2017). Associado a este comportamento, alterações nas condições de sombreamento favorecem o aumento do crescimento de várias espécies nativas (ATROCH et al., 2001; ALVARENGA et al., 2003), conforme observado em nosso trabalho para *C. xanthocarpa*.

Ressaltamos que a área foliar é um componente importante da produção e acumulação de biomassa. Assim, quanto menor for a expansão foliar, menor será a transpiração, economizando água em suas células, sendo uma estratégia de sobrevivência fundamental em relação a restrição hídrica. Entretanto, a redução da área foliar leva a uma redução no consumo de carbono e energia na parte aérea e uma quantidade maior de fotoassimilados é destinado ao sistema radicular dando suporte ao desenvolvimento das raízes, enfatizando que a redução da área foliar é frequentemente considerada uma resposta fisiológica ao déficit hídrico (TAIZ et al., 2017).

Diante disso, os resultados indicam que em resposta ao estresse hídrico e luminoso pelo excesso de luz, a espécie investe mais energia na produção de raiz, o que favorece a obtenção de água em camadas mais profundas do solo, conseqüentemente investe menos energia no desenvolvimento da parte aérea conforme observado para menor altura e área foliar. Associado a este comportamento, ocorre o ajuste osmótico com produção de ácidos orgânicos como malato e succinato que são compostos responsáveis por importantes funções fisiológicas na planta como a participação na reoxidação do NADH, funcionamento da glicólise, e formação de mais ATP (SCHACHTMAN et al., 2008; ROCHA et al., 2010), o que favorece a entrada de água no sistema radicular.

A expansão foliar pode reduzir ou até cessar pela diminuição da divisão e expansão celular, porém com potencial de recuperação após reidratação (ALVES E SETTER 2004).

Correlacionando espécies de diferentes famílias, que são comuns em formação florestais como mata de galerias (Bioma Cerrado) e florestas estacionais semidecíduais (Bioma Mata Atlântica), como por exemplo *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud. (KELLING et al. 2017), *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll. Arg. e *Sorocea bonplandii* (Baill.) WC Burger, Lanj. & de Boer (Moraceae) (BATISTA et al., 2014) e *Cupania vernalis* Cambess. (LIMA JUNIOR et al., 2005), observamos em ambas as fitosonomias que os sombreamentos minimizaram o déficit hídrico na planta, assim como constatamos para *C. xanthocarpa*. Sendo assim, baseado nas informações das espécies nativas de ambientes onde ocorre a *C. xanthocarpa* pode-se inferir que a expansão foliar é facilitada pelo aumento do sombreamento, conforme mencionada para outras espécies (ALVARENGA et al., 2003; MARTINS et al., 2014).

Observamos na literatura hipóteses que justificam o comportamento das plantas diante de condições estressantes dentre elas a hipótese de facilitação, a qual sugere que o sombreamento minimiza o déficit hídrico, especialmente entre espécies tolerantes à seca e à sombra (HOLMGREN et al., 2012). Esse comportamento sugere que a *C. xanthocarpa* apresenta plasticidade que possibilita responder positivamente às interações facilitadoras conforme observado em outras espécies (SEMCHENKO et al., 2012).

Considerando os aspectos ecológicos de *C. xanthocarpa* como padrão de crescimento secundária tardia, exigente por locais sombreados (GANDOLFI et al., 1995; SILVA et al., 2003), acredita-se que esse estudo veio corroborar com as características ecológicas já fundamentadas a respeito da classificação sucessional de formações florestais, sendo possível comprovar por meio dos aspectos fisiológicos mensurados pelas taxas fotossintéticas a plasticidade fisiológica dessa espécie.

Assim, os resultados observados neste trabalho nos permitem discordar de nossa hipótese de que as mudas de *C. xanthocarpa* sejam intolerantes ao déficit hídrico uma vez que, embora sensíveis, apresentaram potencial de recuperação das características fotossintéticas e de crescimento. Entretanto, concordamos com a hipótese de que o sombreamento minimiza os efeitos estressantes do déficit hídrico. Provavelmente essa espécie apresenta plasticidade fisiológica ao déficit hídrico e ao sombreamento.

Os aspectos fisiológicos mensurados nesse estudo podem legitimar estudos já estabelecidos para classificação sucessional de formação florestais, que até o presente momento essas características ecológicas foram descritas de forma visual pelos pesquisadores.

5. Conclusões

A *Campomanesia xanthocarpa* reduz o conteúdo relativo de água e altera seu metabolismo mas consegue se recuperar com a retomada do fornecimento de água.

Os sombreamentos de 30 e 70% minimizam o déficit hídrico possibilitando a recuperação das características avaliadas.

6. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, M. P. F.; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S.; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.48, p.9-16, 2013.

ALVARENGA, A. A. D.; CASTRO, E. M. D.; JUNIOR, L.; CASTRO, É.; MAGALHÃES, M. M. Effects of different light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. In southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 53-57, 2003.

ALVES, A. A. C.; SETTER, T. L. Response of Cassava Leaf Area Expansion to Water Deficit: Cell Proliferation, Cell Expansion and Delayed Development. **Annals of Botany**, v. 94, p. 605-613, 2004.

AMARAL, C. H.; ALMEIDA, T. I. R.; SOUZA FILHO, C. R.; ROBERTS, D. A.; FRASER, S. J.; ALVES, M. N.; BOTELHO, M. Characterization of indicator tree species in neotropical environments and implications for geological mapping. **Remote Sensing of Environment**, v. 216, p. 385-400, 2018.

ATROCH, E. M. A. C.; SOARES, A. M.; ALVARENGA, A. D.; CASTRO, E. D. Crescimento, teor de clorofilas, distribuição de biomassa e características anatômicas de plantas jovens de *Bauhinia forficata* Link. Submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n.4, p.853-862, 2001.

AZEVEDO, G. T. O. S.; NOVAES, A. B.; AZEVEDO, G. B.; SILVA, H. F. Desenvolvimento de mudas de nim indiano sob diferentes níveis de sombreamento. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 249-255, 2015.

BATISTA, N. A.; BIANCHINI, E.; CARVALHO, E. S.; PIMENTA, J. A. Architecture of tree species of different strata developing in environments with the same light intensity in a semideciduous forest in southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, (Impresso). v. 28, p. 34-45, 2014.

BENTO, L. F.; SCALON, S. D. P. Q.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, Z. V. Potential for recovery of *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg seedlings from water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2775-2785, 2016.

CAMPELO, D. D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; CORREIA, D.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R. Trocas gasosas e eficiência do fotossistema II em plantas adultas de seis espécies florestais em função do suprimento de água no solo. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 973-983, 2015.

CARVALHO, J. O. P. CHANGES. Changes in the floristic composition of a terra firme rain forest in Brazilian Amazonia over an eight-year period in response to logging. **Acta Amazonica**, v. 32, n. 2, p. 277-277, 2002.

CNCFlora. *Campomanesia xanthocarpa* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Campomanesia_xanthocarpa>. Acesso em 13 novembro 2018.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas** (StatisticalAnalysis Software) e planejamento de Experimentos – SISVAR 5.3. Lavras: UFLA, 2010.

FRANÇA, P. H. T.; SILVA, E. C. A.; SILVA, T. C.; BRASIL, N. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) submetidas ao déficit hídrico. **Agropecuária Científica no semi-árido**, v.13, p.264-269, 2017.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 13 nov. 2018 Trópicos do Missouri Botanical Garden - TMBG. **Trópicos**. Disponível em: <http://www.tropicos.org/> Acesso em: 13 nov. 2018.

GANDOLFI, S; LEITÃO FILHO, H. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista brasileira de biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, J. F. MOURA, C. A; GATO, G. D. Fotossíntese e potencial hídrico foliar de plantas jovens de andiroba submetidas à deficiência hídrica e à reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 8-14, 2009.

HOLMGREN, M.; GÓMEZ-APARICIO, L.; QUERO, J. L.; VALLADARES, F. Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities. **Oecologia**, v.169, n.2, p. 293-305, 2012.

JIN, K.; SHEN, J.; ASHTON, R. W.; WHITE, R. P.; DODD, I. C.; PARRY, M. A.; WHALLEY, W. R. Wheat root growth responses to horizontal stratification of fertiliser in a water-limited environment. **Plant and soil**, v. 386, n. 1-2, p. 77-88, 2015.

JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, N. S.; KODAMA, F.F.M.; SCALON, S. P. Q. Recovery of the photosynthetic capacity of *Campomanesia adamantium* Myrtaceae) after water deficit. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 2, p. 541-546, 2016.

KELLING, M. B.; ARAUJO, M. M.; LEÓN, E. B.; AIMI, S. C.; TURCHETTO, F. Regímenes de riego y dosis de polímero hidrotetedor sobre características morfológicas y fisiológicas de plantas de *Cordia trichotoma*. **Bosque**, v. 38, n. 1, p. 123-131, 2017.

KLAFKE, J.Z.; SILVA, M.A.; PANINGASP, T.F.; BELLI, K.C.; OLIVEIRA, M.F.; BARICHELLO, M.M.; RIGO, F.K.; ROSSATO, M.F.; SANTOS, A.R.S.; PIZZOLATTI, M.G.; FERREIRA, J.; VIECILI, P.R.N. Effects of *Campomanesia xanthocarpa* on biochemical, hematological and oxidative stress parameters in hyper cholesterol emic patients. **Journal of Ethnopharmacology** v. 127, p. 299–305, 2010.

KLEIN, J.; RAMPIM, L.; KESTRING, D.; GUIMARÃES, V. F.; DOMINGOS RODRIGUES, J. Influência de protetores físicos coloridos nas trocas gasosas em mudas de canafístula [*Peltophorumdubium* (Spreng.) Taub.]. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 3, p. 797-809, 2016.

LIMA JUNIOR, E. C.; ALVARENGA, A. A.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; OLIVEIRA, H. M. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p.1092-1097, 2005.

MAGALHAES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeira 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MARENCO, R. A.; ANTEZANA-VERA, S. A.; GOUVÊA, P. R. S; CAMARGO, M. A. B.; DE OLIVEIRA, M. F.; SILVA SANTOS, J. K. Fisiologia de espécies florestais da Amazônia: fotossíntese, respiração e relações hídricas. **Ceres**, v. 61, n. 7, p. 786-789, 2015.

MARTINS, M. Q.; BREGONCI, I. D. S.; MARÇAL, T. D. S.; COELHO, R.; COLWELL, F. D. J. Seedling emergence of five varieties of citric rootstocks grown in environments with different levels of shading. **Plant Science Today**, v. 1, n. 3, p. 131-139, 2014.

ROCHA, Marcio et al. Glycolysis and the tricarboxylic acid cycle are linked by alanine aminotransferase during hypoxia induced by waterlogging of *Lotus japonicus*. **PlantPhysiology**, v. 152, n. 3, p. 1501-1513, 2010.

ROJAS, K. P.; DONOSO, S.; PACHECO, C.; RIQUELME, A.; GANGAS, R.; GUAJARDO, A.; DURÁN S. Respostas morfo-fisiológicas de plantas de *Lithraea caustica* (Anacardiaceae) submetidas a restrição hídrica controlada. **Floresta**, v. 39, n. 1, p. 27-36, 2018.

ROSA, D. B.; SCALON, S. P.; CREMON, T.; CECCON, F.; DRESCH, D. M. Gasex changeandanti oxidant activity in seedlingsof *Copaifera langsdorffii* Desf. Under different water conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3039-3050, 2017.

QUEIROZ, C. G. S; GARCIA, Q. S.; LEMOS FILHO, J. P. Atividade fotossintética e peroxidação de lipídios de membrana em plantas de aroeira-do-sertão sob estresse hídrico e após reidratação. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n. 1, p. 59-63, 2002.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; EUZÉBIO, V.L.M.; KODAMA, F.M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHACHTMAN, Daniel P.; GOODGER, Jason QD. Chemical root to shoot signaling under drought. **Trends in plantscience**, v. 13, n. 6, p. 281-287, 2008.

SEMCHENKO, M.; LEPIK, M.; GOTZENBERGER, L.; ZOBEL, K. Positive effect of shade on plant growth: amelioration of stress or active regulation of growth rate?. **Journal of ecology**, v. 100, n. 2, p. 459-466, 2012.

SILVA, A. F. D.; OLIVEIRA, R. V. D.; SANTOS LOUREIRO, N. R.; PAULA, A. D. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de floresta semidecídua sub Montana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p.311-319, 2003.

SOARES-SILVA, L. H.; KITA, K. K.; DAS CHAGAS, F. Fitossociologia de um trecho de floresta de galeria no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 3, p. 46-62, 1998.

SOUZA, R. F.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F.; FIGUEIREDO FILHO, A. Fitossociologia da vegetação arbórea do parque nacional do Iguaçu. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 858p.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2018.

WEHR, R.; COMMANE, R.; MUNGER, J. W.; MCMANUS, J. B.; NELSON, D. D.; ZAHNISER, M. S.; WOFSY, S. C. Dynamics of canopy stomatal conductance, transpiration, and evaporation in a temperate deciduous forest, validated by carbonyl sulfide uptake. **Biogeosciences**, v. 14, n. 2, p. 389-401, 2017.

CAPÍTULO 2 – SOMBREAMENTO NA MITIGAÇÃO DO DÉFICIT HÍDRICO EM MUDAS DE *Campomanesia xanthocarpa* (MART.) O. BERG

Resumo

Estudos sobre as respostas fisiológicas de plantas nativas do Cerrado como a *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg submetidas ao déficit hídrico, além de escassos, são necessários para exploração sustentável e preservação da espécie. Assim este estudo teve como objetivos avaliar a eficiência do aparato fotossintético e atividade antioxidante em *C. xanthocarpa* submetidas ao déficit hídrico intermitente e níveis de sombreamentos e seu reflexo na qualidade de mudas. As mudas foram submetidas a três níveis de sombreamentos (0, 30 e 70%), seis períodos de avaliações (Início, 1ª Fotossíntese Zero - 1ª F0, 1ª Recuperação - 1ª Rec, 2ª Fotossíntese Zero - 2ª F0, 2ª Recuperação - 2ª Rec e Final) e duas formas de irrigação (Controle - hidratação com 70% da capacidade de retenção de água no solo - Irrigação contínua e a suspensão da irrigação - irrigação intermitente). As plantas submetidas a condições de irrigação intermitente a 0% de sombreamento apresentaram redução ao potencial hídrico, da eficiência quântica (F_v/F_m), eficiência máxima (F_v/F_0) e aumento na produção quântica basal (F_0/F_m). A atividade das enzimas peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD) foi maior nas folhas do que nas raízes, enfatizando-se que as mudas de melhor qualidade foram observadas nos sombreamentos de 30 e 70%. Por outro lado, após a reirrigação, todas as características avaliadas se recuperaram, mas isso não ocorreu para a atividade das enzimas POD e SOD. Entretanto as mudas suportaram o déficit hídrico em todos níveis de sombreamento, apresentando maior resposta antioxidante de proteção sob 0% de sombreamento.

Palavras-Chaves: Alterações antioxidantes, aspecto fisiológico, fotossistema II.

**Fluorescence of chlorophyll a and antioxidant activity as a stress signal in
Campomanesia xanthocarpa (Mart.) O. Berg**

Abstract

Studies on the physiological responses of Cerrado native plants such as *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex. O. Berg when subjected to water deficit, in addition to scarce, are necessary for sustainable exploitation and preservation of the species. The objective of this study was to evaluate the efficiency of the photosynthetic apparatus and antioxidant activity of *C. xanthocarpa* seedlings submitted to intermittent water deficit and different levels of shading. The seedlings were submitted to three levels of shading (0, 30 and 70%), six evaluation times (Start, 1st Zero Photosynthesis - 1st F0, 1st Recovery - 1st Rec, 2nd Zero Photosynthesis - 2nd F0, 2nd Recovery - 2^a Rec and Final) and two forms of irrigation (Control - hydration with 70% of water retention capacity - Continuous irrigation and irrigation suspension - intermittent irrigation). The plants submitted to intermittent irrigation at 0% shading had a reduction in water potential, quantum efficiency (Fv/Fm), maximum efficiency (Fv/Fo) and increase in basal quantum production (Fo/Fm). The activity of the enzymes peroxidase (POD) and superoxide dismutase (SOD) was higher in the leaves than in the roots, emphasizing that the best quality seedlings were observed in shades of 30 and 70%. On the other hand, after the re-irrigation, all evaluated characteristics recovered, but this did not occur for the activity of POD and SOD enzymes. However, the seedlings supported the water deficit in all levels of shading, presenting a higher antioxidant protection response under 0% shading.

Keywords: Antioxidant changes, physiological aspect, photosystem II.

1. Introdução

A constante degradação da vegetação nativa brasileira resultou um déficit de cerca de 43 milhões de hectares de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e de 42 milhões de hectares de Reserva Legal (RL) (SPAROVEK et al., 2010). De acordo com o DECRETO Nº 13.977 2014 (Artigo 33, inciso III), a recomposição dessas áreas degradadas pode ser realizada mediante o plantio intercalado de espécies nativas, em sistema agroflorestal, desde que o número mínimo de espécies arbóreas nativas seja de 50% (cinquenta) de espécies arbóreas de ocorrência regional (MATO GROSSO DO SUL, 2014).

Espécies nativas com potencial de utilização na recomposição de áreas degradadas estão sendo pesquisadas e dentre elas está a *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg (Myrtaceae), encontrada em quase todas as formações florestais (TELEGINSKI et al., 2018), especialmente nos Biomas Mata Atlântica e Cerrado (CNCFlora, 2018). Entretanto, foram encontradas poucas informações sobre suas necessidades e tratos culturais adequados para seu crescimento e produção de mudas.

Estudar as respostas fisiológicas e morfológicas dessas espécies quando submetidas a estresses ambientais possibilita entender seu comportamento diante de diferentes estímulos físicos, biológicos e adaptativos (WANG et al., 2017) para que estas sejam utilizadas para fins de cultivo, ornamental, madeireiro, alimentício, medicinal, nutricional ou de preservação (CARDOZO et al., 2018).

Uma das maiores dificuldades para se cultivar espécies nativas é a carência de estudos demonstrando o efeito da disponibilidade de água no solo e a transferência desta para as plantas, o que pode afetar seu estabelecimento (CHIRINO et al., 2017).

O déficit hídrico pode influenciar negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas reduzindo o turgor, as trocas gasosas, a síntese proteica, induz mudanças nas características relacionadas à fluorescência da clorofila *a*, decréscimo na atividade enzimática do ciclo de Calvin e aumento de outras enzimas como peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD), as quais combatem o estresse oxidativo (COSTA et al, 2015) além de reduzir a disponibilidade e o transporte dos nutrientes do solo até as plantas (VURUKONDA et al., 2016).

A disponibilidade luminosa também pode promover alterações no metabolismo fotossintético e, conseqüentemente, no desenvolvimento da planta (GU et al., 2017) acarretando em diferenças na magnitude do transporte de elétrons e do gradiente de prótons que potencializa a fosforilação (JIM et al., 2016). Assim, a capacidade de uso e dissipação do excesso de energia

de modo eficiente é determinante para a assimilação líquida de CO₂ e estabelecimento das espécies arbóreas em ambientes contrastantes de luz (SOUZA et al., 2017).

Nos últimos anos algumas pesquisas foram realizadas para analisar as respostas das plantas a diferentes estresses combinados (SUZUKI et al., 2014). Os efeitos do estresse refletem na qualidade das mudas, crescimento e mecanismos de adaptação. Assim, é importante estudar a qualidade das mudas de espécies nativas expostas aos estresses ambientais, pois algumas não são adaptadas a locais que há pouca disponibilidade hídrica no solo (CHIRINO et al., 2017) ou variação na luminosidade (AZEVEDO et al., 2015; REIS et al., 2016) o que as tornam vulneráveis.

Diante da escassez de conhecimento sobre o comportamento fisiológico das espécies nativas de formações florestais em ambientes onde a radiação solar e disponibilidade hídrica são fatores limitantes, procuramos associar o déficit hídrico com diferentes disponibilidades luminosas para compreender melhor as respostas fisiológicas e adaptativas de *C. xanthocarpa*. Portanto, buscamos testar as hipóteses de que o sombreamento minimiza os efeitos do déficit hídrico e possibilita ativar o metabolismo antioxidante que viabiliza ajustes à condição estressante e a retomada do crescimento.

Assim, para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis e a fim de otimizar a produção de mudas para serem utilizadas em projetos de recomposição, torna-se necessário avaliar a eficiência do aparato fotossintético e atividade antioxidante de mudas de *Campomanesia xanthocarpa* submetidas ao déficit hídrico intermitente e níveis de luminosidade e seu reflexo na qualidade das mudas e potencial de recuperação após a suspensão da condição estressante.

2. Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no viveiro da Faculdade de Ciências Agrárias na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no município de Dourados – MS, durante os meses de novembro de 2017 a março de 2018.

Foram produzidas 144 mudas de *Campomanesia xanthocarpa* em tubetes de 50 x 190 mm contendo Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa e areia (1:1 v:v). Ao atingirem 15 cm de altura, as mudas foram transplantadas para vasos com capacidade para 8kg contendo o mesmo tipo de solo e para aclimação durante 20 dias, a unidade experimental foi constituída por um vaso contendo duas mudas cada.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, com três repetições 3 x 2 x 6, sendo 3 níveis de sombreamento (0,30 e 70% de sombra), em 2 condições de irrigações (Irrigação contínua – IC e irrigação intermitente - II) e seis períodos de avaliações (Início – 0 dias, 1ª Fotossíntese Zero - 1ª F0 (13 dias), 1ª Recuperação - 1ª REC (25 dias), 2ª Fotossíntese Zero - 2ª F0 (44 dias), 2ª Recuperação - 2ª REC (52 dias) e Final - 106 dias).

Durante a condução do experimento, as plantas controle (IC) receberam hidratação periodicamente a fim de manter 70% da capacidade de retenção de água e para a irrigação intermitente (II) caracterizada pelo estresse, houve a suspensão da irrigação até que a taxa fotossintética apresente níveis próximos de zero, quando as mudas irrigadas de modo intermitente foram novamente submetidas ao fornecimento de água diária, mantendo 70% da capacidade de retenção de água, até que a taxa fotossintética alcançasse no mínimo 80% do valor do controle sob mesmo nível de sombreamento. Mais um ciclo de suspensão da irrigação foi realizado e as plantas avaliadas até 45 dias após a segunda recuperação e o experimento foi finalizado aos 106 dias.

Foram realizadas as seguintes avaliações:

Potencial hídrico das folhas com leitura realizadas em folhas individuais pertencentes ao terceiro par de folhas totalmente expandidas do ápice para a base, entre 10 e 11 horas da manhã, usando uma câmara de pressão Scholander modelo 3115 Portable PWSC (ICT-Internacional, Armindale, NSW), após a coletas das folhas

Índice de clorofila usando o medidor Portátil de clorofila modelo SPAD-502.

Fluorescência inicial (F0), Produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II (F0/Fm), Eficiência quântica potencial do fotossistema II (Fv/Fm) e a Eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II (Fv/F0) foram avaliadas com o Fluorímetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences chlorophyll Fluorometer, Hudson, USA). As avaliações foram realizadas no período a manhã entre as 8 e 11 horas, em folhas marcadas do início ao fim do experimento.

Índice de qualidade de Dickson (DICKSON et al., 1960), segundo a expressão matemática: $IQD = \frac{\text{massa seca total}}{\text{razão altura/diâmetro} + \text{razão massa seca da parte aérea/massa seca da raiz}}$. Além das análise da atividade das enzimas antioxidativas superóxido dismutase e peroxidase nos tecidos das folhas e raízes, segundo a metodologia descrita por Broetto (2014).

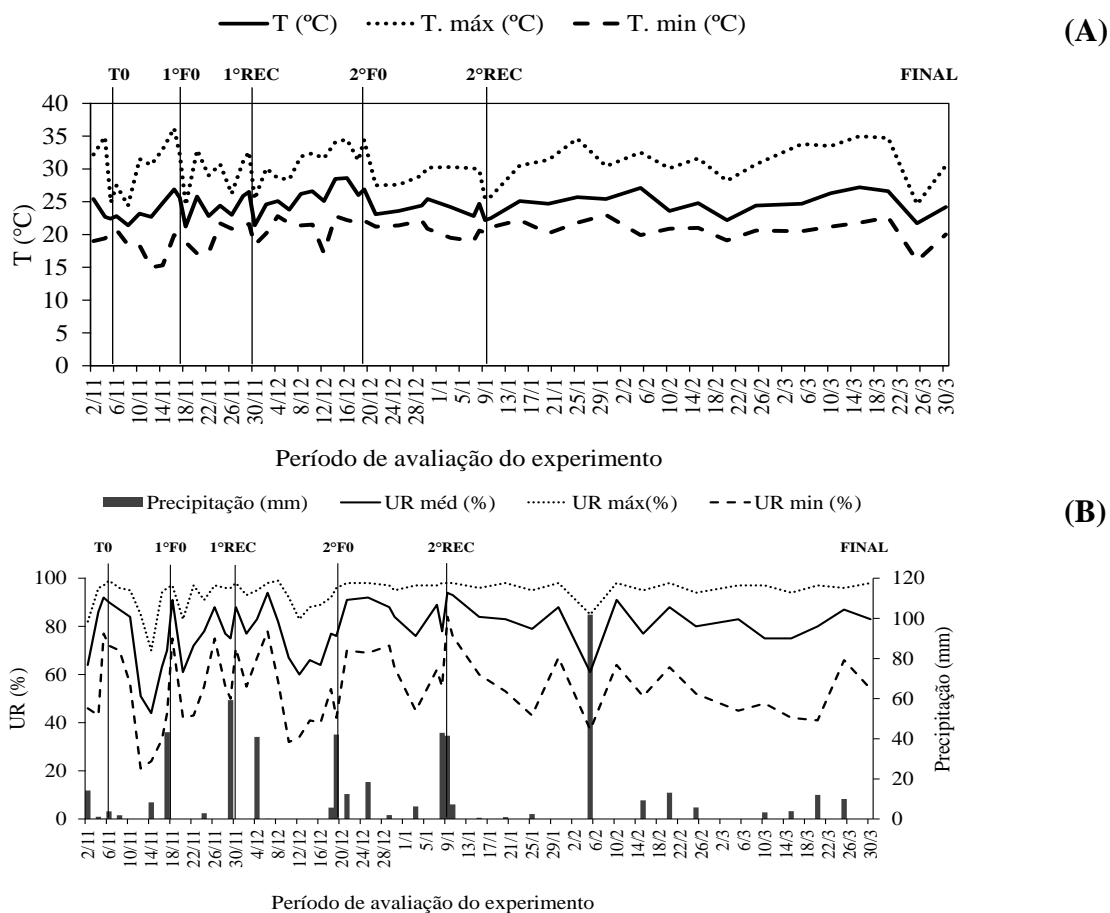


Figura 1. Temperatura (A) e umidade relativa (B) médias durante os períodos de avaliações (Início; 1ª FO = 1ª fotossíntese Zero; 1ª REC = 1ª Recuperação; 2ª FO = 2ª fotossíntese Zero; 2ª REC = 2ª Recuperação, Final), Dourados – MS, 2018.

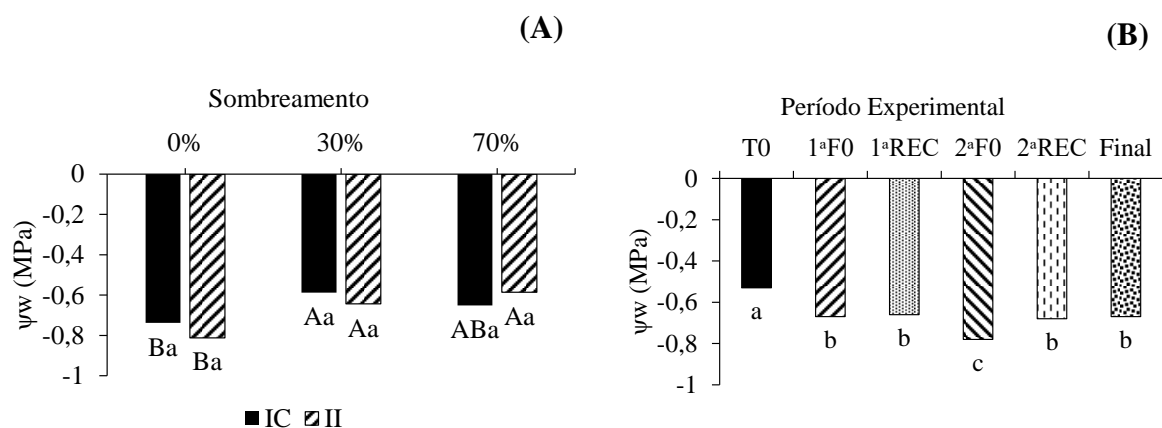
Dados de temperatura e umidade relativa durante o período experimental foram obtidos da Estação Meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados – MS (Figura 1).

Para análises dos resultados foi utilizado o programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2010). Os dados foram submetidos à Análise da Variância e os efeitos significativos para as médias de sombreamentos, foram comparados pelo teste de Tukey, os períodos experimentais pelo teste Scott Knott e as condições de irrigação pelo teste T de Bonferroni todos a 5% de probabilidade.

3. Resultados

O potencial hídrico das folhas (Ψ_w) foi inferior nos tratamentos de irrigação intermitente quando comparado aos de irrigação contínua sendo menor nas mudas cultivadas a 0% de

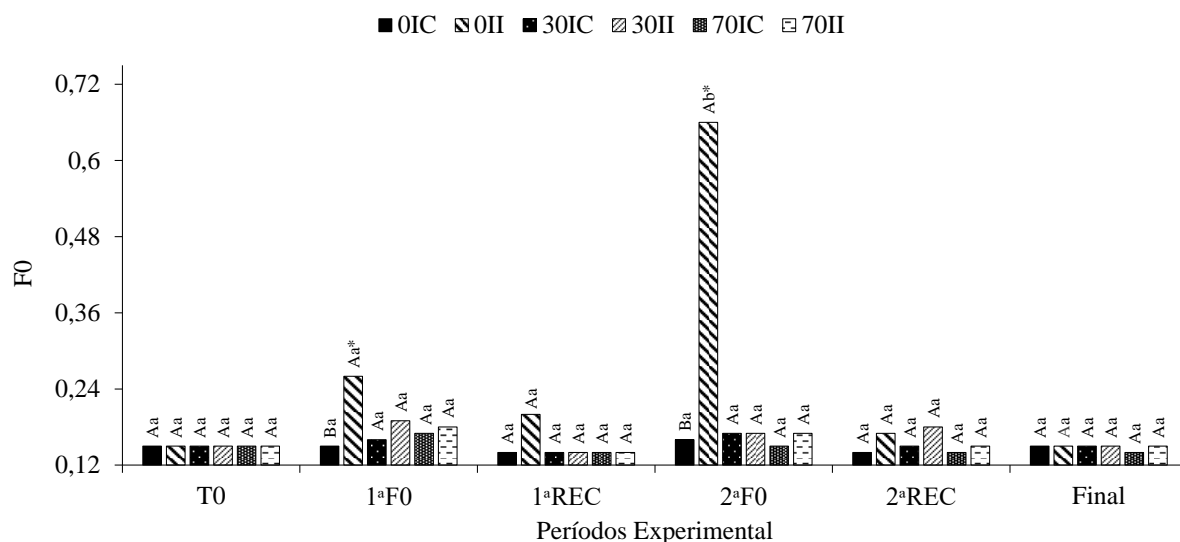
sombreamento. O menor Ψ_w foi observado na 2ª Fotossíntese zero (2ª F0) e não se recuperou após a reirrigação. Observa-se que o sombreamento manteve o Ψ_w das mudas mais elevado, quando a irrigação foi intermitente (Figuras 2A e B).



Letras maiúsculas comparam a mesma irrigação nos diferentes níveis de sombreamentos. Letras minúsculas comparam diferentes condições de irrigação no mesmo sombreamento.

Figura 2: Potencial hídrico (Ψ_w) em função dos níveis de sombreamentos (A) de plantas de *Campomanesia xanthocarpa* sob irrigação contínua (IC) e irrigação intermitente (II) e dos períodos experimentais (B).

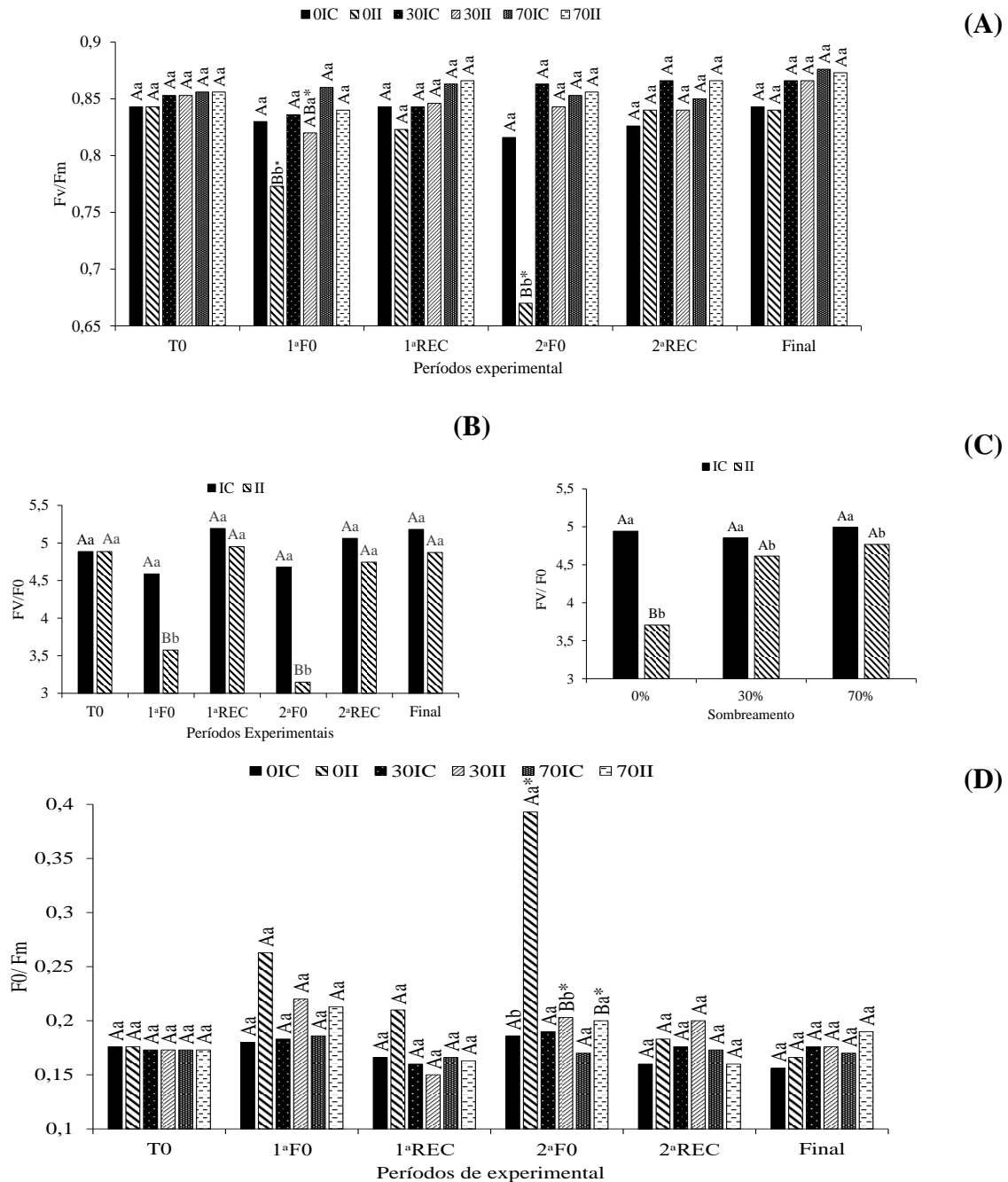
Em relação às características de fluorescência, observou-se um aumento na fluorescência inicial (F0) na 1ª Fotossíntese zero (1ª F0) sendo mais expressivo na 2ª Fotossíntese zero (2ª F0) nas mudas submetidas a 0% de sombreamento em condição de irrigação intermitente. Esses resultados sugerem que as mudas sob déficit hídrico se encontram em condição de estresse nas mudas quando comparada ao controle (Figuras 3).



Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais. Letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação e período em diferentes sombreamentos. O asterisco compara as condições de irrigação no mesmo sombreamento e período. As médias de sombreamentos, foram comparados pelo teste de Tukey, os períodos experimentais pelo teste Scott Knott e as condições de irrigação pelo teste T de Bonferroni todos a 5% de probabilidade.

Figura 3: Fluorescência inicial, em função dos níveis de sombreamentos (0%, 30% e 70%) e da irrigação (contínua – IC e intermitente - II) durante os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

A eficiência quântica potencial do fotossistema II F_v/F_m foi menor (0,67 elétron quantum^{-1}) nas plantas sob 0% de sombreamento e irrigação intermitente (Figura 4A). De maneira semelhante, a eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II (F_v/F_0) das plantas sob 30% e a 70% de sombreamento foi maior, principalmente na 2ª fotossíntese zero, sendo os maiores valores encontrados nas plantas sob irrigação contínua (Figuras 4B e C). A produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II (F_0/F_m) foi maior (0,39) na 2ª Fotossíntese Zero para plantas cultivadas a 0% de sombreamento e os menores valores foram observados, de um modo geral, na condição de 30 e 70% de sombreamento, demonstrando ao final das avaliações recuperação dos valores (Figura 4D).

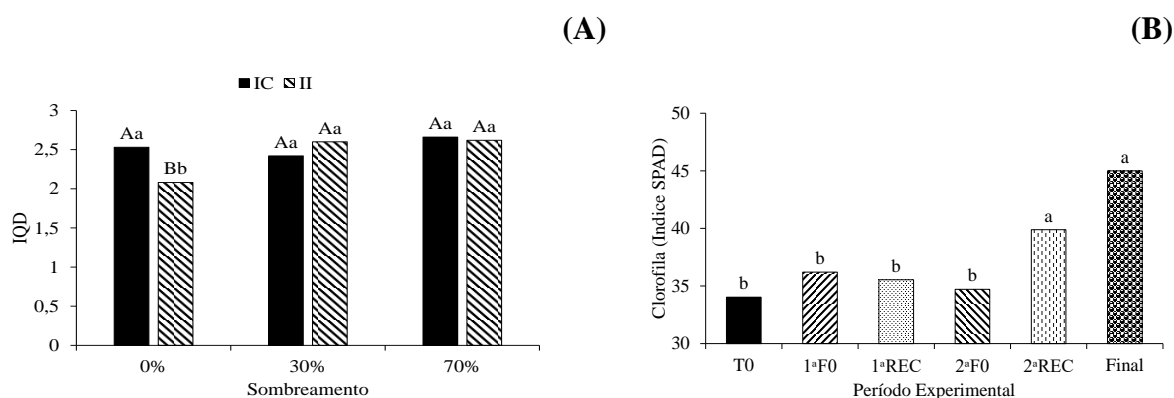


Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais (A), diferentes períodos e sombreamentos na mesma condição de irrigação (B e C) e mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). Letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação e período em diferentes sombreamentos (A), diferentes condições de irrigação no mesmo período (B), mesmo sombreamentos nas condições de irrigação (C) e mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). O asterisco compara as condições de irrigação no mesmo sombreamento e período. As médias de sombreamentos, foram comparados pelo teste de Tukey, Scott Knott e Bonferroni a 5% de probabilidade.

Figura 4: Eficiência quântica potencial do fotossistema II – FV/FM, (A); eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II – FV/F0 (B) e produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II – F0/FM (C) em função dos níveis de sombreamentos (0%, 30% e 70%) e da irrigação (contínua – IC e intermitente - II) durante os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

As plantas sob 0% de sombreamento e irrigação intermitente apresentaram menor qualidade (IQD) e as demais não variam entre si (Figuras 5A e B).

Os maiores valores de índice de clorofila foram observados na 2ª recuperação e ao final das avaliações, sendo que a restrição de água não alterou significativamente essa característica (Figura 5C).

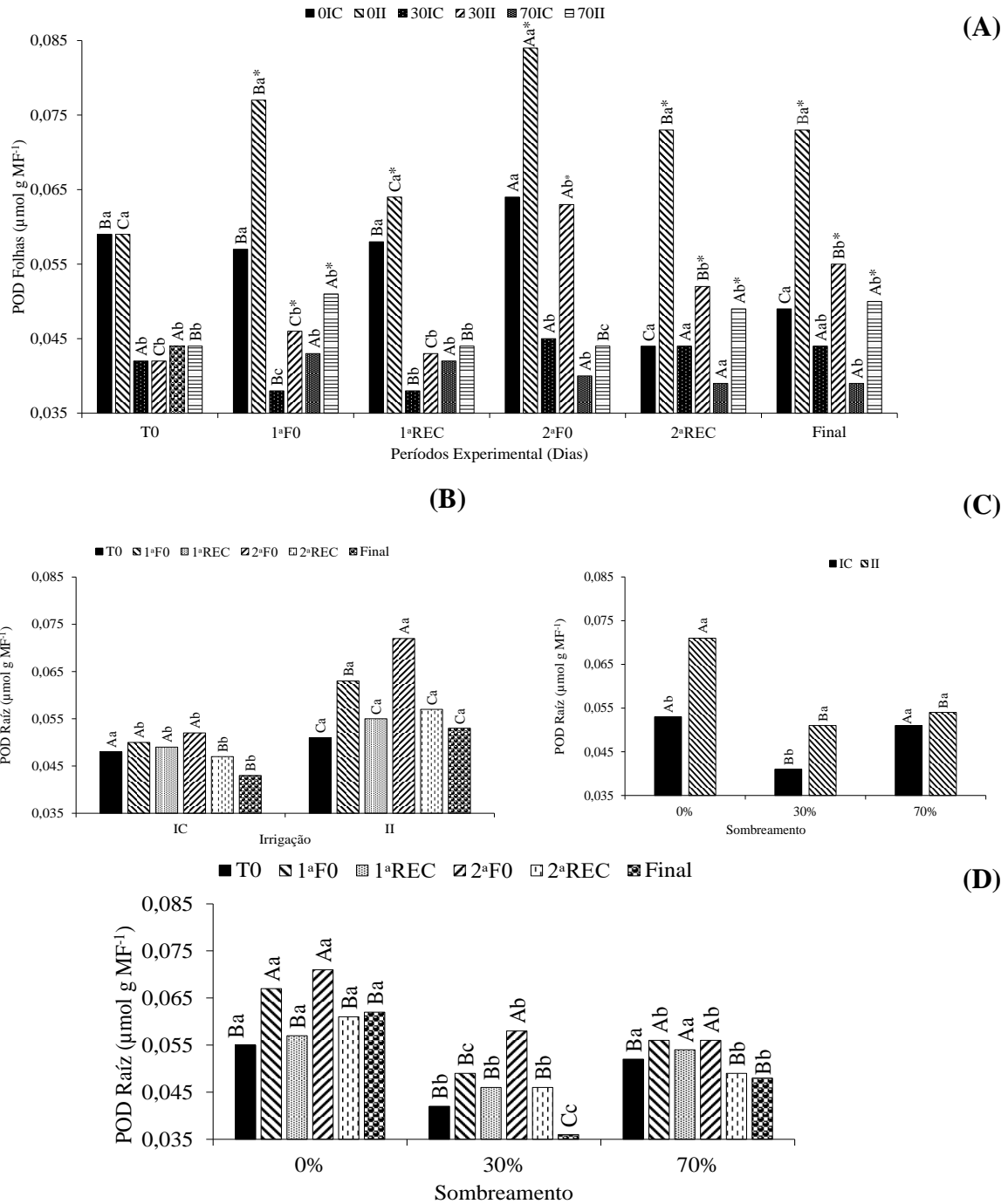


Letras maiúsculas comparam a mesma irrigação nos diferentes níveis de sombreamentos (A). Letras minúsculas comparam o mesmo sombreamento nas condições de irrigação (A). As médias de sombreamentos, foram comparados pelo teste de Tukey, os períodos experimentais pelo teste Scott Knott e as condições de irrigação pelo teste T de Bonferroni todos a 5% de probabilidade.

Figura 5: Índice de qualidade de Dickson – IQD (A) e Clorofila (B) em plantas *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0%,30% e 70%) e da irrigação (contínua – IC e intermitente - II) durante os períodos experimentais (Início- T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

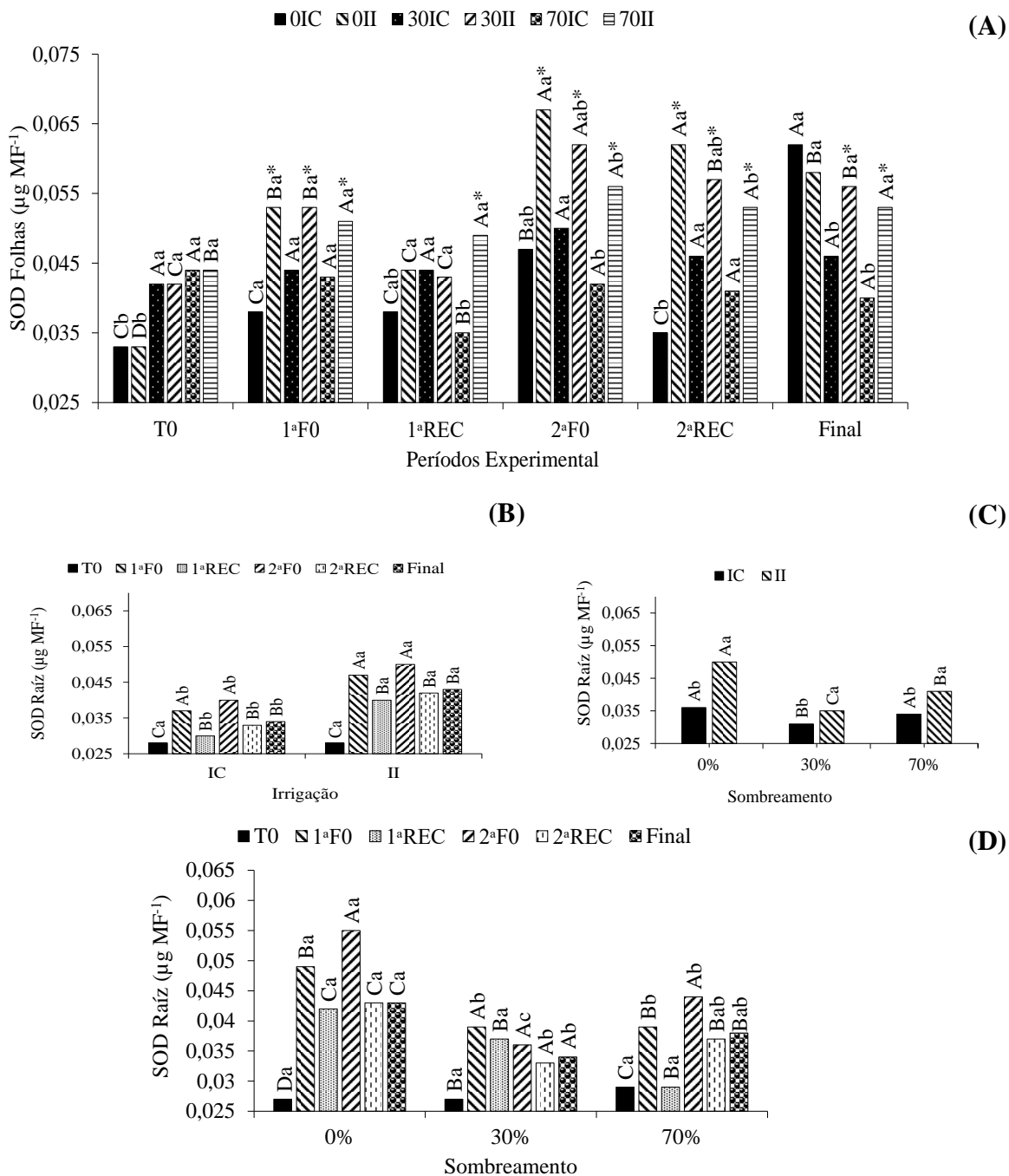
A maior atividade da enzima peroxidase foi encontrada nas folhas (Figura 6A) em relação às raízes (Figuras 6B, C e D) principalmente nas plantas sob 0% de sombreamento e sob irrigação intermitente. Ao final do período experimental, independentemente dos sombreamentos, as plantas submetidas ao déficit hídrico não apresentaram valores de peroxidase nas folhas próximas aos do controle, sugerindo que, nesse órgão, não houve recuperação (Figura 6A).

De maneira semelhante à POD, a atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) nas folhas (Figura 7A) e raízes (Figuras 7B, C e D) foi maior nas plantas cultivada sob 0% de sombreamento e com a irrigação intermitente. Observa-se os maiores valores na 2ª Fotossíntese zero para as folhas, não variando da 1ª F0 para as raízes nesses períodos. Independentemente dos sombreamentos a atividade da SOD não se recuperou, e manteve-se maior nas folhas.



Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais (A) e diferentes períodos e sombreamentos na mesma condição de irrigação (B e C) e mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). Letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação e período em diferentes sombreamentos (A) e comparam diferentes condições de irrigação no mesmo período (B) e o mesmo sombreamento nas condições de irrigação (C) e o mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). O asterisco compara as condições de irrigação no mesmo sombreamento e período.

Figura 6: Atividade da peroxidase nas folhas (POD folhas) (A) e raízes (POD raízes) (B, C e D) em plantas de *Campomanesia xanthocarpa* em função do sombreamento (0%, 30% e 70%), irrigação (contínua – IC e intermitente - II) e períodos experimentais (Início- T0, 1^a e 2^a Fotossíntese zero - F0, 1^a e 2^a Recuperação - Rec e Final).



Letras maiúsculas comparam o mesmo sombreamento e condições de irrigação em diferentes períodos experimentais (A) e diferentes períodos e sombreamentos na mesma condição de irrigação (B e C) e mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). Letras minúsculas comparam a mesma condição de irrigação e período em diferentes sombreamentos (A) e comparam diferentes condições de irrigação no mesmo período (B) e o mesmo sombreamento nas condições de irrigação (C) e o mesmo período nos diferentes sombreamentos (D). O asterisco compara as condições de irrigação no mesmo sombreamento e período. As médias de sombreamentos, foram comparados pelo teste de Tukey, os períodos experimentais pelo teste Scott Knott e as condições de irrigação pelo teste T de Bonferroni todos a 5% de probabilidade.

Figura 7: Atividade enzimática de superóxido dismutase nas folhas (SOD folhas) (A) e raízes (SOD raízes) (B, C, D) em plantas de *Campomanesixanthocarpa* em função do sombreamento (0%,30% e 70%), irrigação (contínua – IC e intermitente - II) e períodos experimentais (Início-T0, 1ª e 2ª Fotossíntese zero - F0, 1ª e 2ª Recuperação - Rec e Final).

4. Discussão

As plantas de *Campomanesia xanthocarpa* sob déficit hídrico apresentaram redução do potencial hídrico (Ψ_w) das folhas no período da 2ª F0 com valores médios de -0,78 (Ψ_w), valor inferior ao das plantas controle -0,53 (Ψ_w). Os maiores potenciais foram evidenciados na etapa de recuperação das plantas estressadas indicando que, o déficit hídrico não causou danos irreversíveis à capacidade de absorção de água pelas raízes e ao seu transporte para a parte aérea. Esta redução, afetou os processos fisiológicos e metabólicos da planta, causando impactos sobre a fotoquímica da fotossíntese e crescimento conforme também observado na literatura (FRANCO et al, 2005).

Nesse contexto os sombreamentos possibilitaram a menor perda de água pelo substrato, refletindo em abertura estomática por mais tempo, favorecendo maior assimilação de CO₂ (dados não apresentados). O potencial hídrico das folhas determina os fluxos da água no sistema solo-planta-atmosfera, influenciando no crescimento celular, fotossíntese e na produtividade (TAIZ et al., 2017).

A redução da F_v/F_m e F_v/F_0 acompanhada da elevação do F_0 e F_0/F_m principalmente na 2ª fotossíntese zero e sob 0% de sombreamento, evidenciam situação estressante para as mudas de *C. xanthocarpa*. Os sombreamentos minimizaram danos causado no aparato fotossintético com possibilidade de recuperação das mudas sob irrigação intermitente.

Os valores considerados para a eficiência quântica potencial do fotossistema II (FV/FM) de várias espécies vegetais variam entre 0,75 e 0,85 (MAXWELL e JOHNSON, 2000; BAKER e ROSENQVST, 2004). Quando a variação é menor, como foi observado com a *C. xanthocarpa* (0,68), tem sido relacionado com os mecanismos fisiológicos e com o local de crescimento da planta (LI et al., 2004; ZANANDREA et al., 2006).

Os resultados observados são sugestivos da ocorrência de dano fotoinibitório aos centros de reação do fotossistema II, o que acaba reduzindo a fotossíntese nesse período estressante. Redução semelhante de F_v/F_m foi observada por Bento et al. (2016), para a mesma espécie sob déficit hídrico, sendo encontrados declínios significativos também na taxa fotossintética, e essas reduções podem estar relacionadas com a redução na transferência de elétrons. De maneira semelhante *Eugenia dysenterica* Mart. ex DC. e *Campomanesia adamantium* Cambess. O. Berg também apresentaram menores valores de F_v/F_m na estação seca, apontando maior fotoinibição da fotossíntese (LEMOS-FILHO, 2000).

Da mesma maneira houve reduções da eficiência máxima do processo fotoquímico no fotossistema II na 1ª e 2ª Fotossíntese no 0% de sombreamento, valores que são considerados

bons para a manutenção de funcionalidade dos centros de reação do fotossistema estão entre 4 e 6 (ROHÁCEK, 2002). O valor para esta característica neste estudo foram de 3,2 a 3,6 nas mudas, valores muito baixos que sugerem que as mudas de *C. xanthocarpa* sofreram danos no aparato fotossintético, já que a situação se manteve quando estas mudas foram avaliadas no período final do experimento.

Os valores médios de referência para a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II (F_0/F_m) estão entre 0,14 e 0,20 e o aumento desta relação é considerado um indicativo de estresse (ROHÁCEK, 2002). Para as mudas de *C. xanthocarpa*, constatamos o aumento desta produção (0,28 e 0,38) na 1ª e 2ª Fotossíntese Zero no cultivo a 0% de sombreamento sob irrigação intermitente. Ao final do experimento essas características se recuperaram e atingiram valores semelhantes ao do grupo controle, sugerindo mais uma vez que o sombreamento evita que ocorram danos permanentes ao aparato fotossintético destas plantas, minimizando os efeitos do déficit hídrico. Ressaltamos que os valores observados para *C. xanthocarpa* nas condições de irrigação contínua independente do sombreamento, estão dentro da faixa de referência, sugerindo que a espécie é sensível ao déficit hídrico.

De maneira geral, os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* como a fluorescência inicial (F_0), apresentaram-se elevados assim como a produção quântica basal dos processos não fotoquímicos do fotossistema II. Esses resultados enfatizam o comprometimento da funcionalidade do aparelho fotossintético, como consequência de danos no centro de reação do fotossistema II (PSII) ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (MAXWELL e JOHNSON, 2000; BAKER, 2008). Assim, ressaltamos que as características da fluorescência da clorofila *a* detectaram os períodos nos quais as plantas estavam estressadas, sendo uma ferramenta confiável para avaliar as plantas.

Com base no índice de qualidade de Dickson (IQD) observamos que sob irrigação intermitente, o sombreamento proporcionou maior qualidade das mudas, reforçando o potencial do sombreamento em minimizar o estresse hídrico. De maneira semelhante, mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf que possui ampla distribuição em Mata Atlântica e Cerrado, apresentaram maior IQD sob 50 e 70% de sombreamento (REIS et al., 2016). Mudas de *Simarouba amara* Aubl., espécie nativa do Bioma Amazônico e ocorrente em áreas de transição com outros Biomas, apresentaram menor qualidade no cultivo a pleno sol (AZEVEDO et al., 2015), indicando baixa qualidade para o plantio em campo.

Mudas de maior altura nem sempre são as melhores em termos de sobrevivência a campo e casa de vegetação, por isso um dos melhores indicadores é o índice de qualidade de

Dickson (REIS et al., 2016). Esse índice informa o padrão e os parâmetros morfológicos das mudas como a altura da parte aérea, o diâmetro do colo e a área foliar, tais características são utilizadas na determinação da qualidade das mudas para a produtividade em campo ou casa de vegetação (BINOTTO, 2007).

É interessante ressaltar que o índice de clorofila não se alterou com o déficit hídrico independente dos níveis de sombreamento. Entretanto, a estabilização dos valores ao longo das avaliações até a 2ª F0, sugere um efeito prejudicial do estresse hídrico, uma vez que poderíamos esperar uma elevação do índice de clorofila com o crescimento da planta. Observamos na literatura que o comportamento do índice de clorofila diante do déficit hídrico é variável. Em *C. adamantium* não houve alteração quando a irrigação foi suspensa (JUNGLOS et al., 2016) mas reduziu em *C. xanthocarpa* sob déficit hídrico e não se recuperou após a hidratação (BENTO et al., 2016), contrariando os resultados observados para a mesma espécie neste estudo.

Um dos principais fatores que afeta a produtividade e os aspectos fisiológicos das espécies é o estresse causado pelo déficit hídrico, sendo a capacidade adaptativa ao estresse atribuída em parte às respostas das enzimas antioxidantes (GOMES NETO, 2018).

As plantas submetidas a 30% de sombreamento mantiveram valores mais baixos de POD. Entretanto, independentemente dos sombreamentos, as mudas não se recuperaram, embora tenham apresentado a menor atividade enzimática nas raízes. O sombreamento manteve a atividade da SOD em ambos os órgãos mais baixa mesmo sob déficit hídrico. Os resultados das enzimas antioxidantes reforçam mais uma vez o efeito atenuante do sombreamento sobre o estresse causado pelo déficit hídrico.

Os resultados demonstram que as mudas de *C. xanthocarpa*, ao serem submetidas ao déficit hídrico, a produção destas enzimas pode combater as espécies reativas do oxigênio (ROS) oriundas do estresse oxidativo. Acreditamos que os efeitos do estresse oxidativo foram prolongados ao longo das avaliações, se estendendo até o período final (106 dias), o que demonstra que a espécie precisa de mais tempo para se recuperar do estresse sofrido. Observamos na literatura que o déficit hídrico pode promover danos oxidativos e assim as plantas se protegem, por exemplo, sintetizando carotenóides e aumentando a atividade de enzima como as peroxidase e superóxido dismutase nas folhas e raízes e redução no índice de clorofila (EGERT e TEVINI, 2002; ASHARAF e HARRIS, 2013; GOMES NETO, 2018).

O aumento da fluorescência inicial (F0) nas mudas cultivadas sob suspensão da irrigação indica o comprometimento da funcionalidade do aparelho fotossintético, como consequência

de danos no centro de reação do fotossistema II (PSII) ou da redução da capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (MAXWELL e JOHNSON, 2000; BAKER, 2008). Com a redução do conteúdo de clorofila nas folhas, acredita-se que a energia absorvida pelo complexo antena foi absorvida em menor quantidade, ou seja, não foi transmitida, provocando maiores alterações na capacidade fotossintética em decorrência do estresse causado pela deficiência hídrica.

Resultados semelhantes também foram observados por Bento et al. (2016) em mudas *C. xanthocarpa* na qual as atividades da POD e SOD também foram maiores nas folhas, apresentando um aumento dos níveis desta enzima nos períodos de 1º F0 e 2º F0.

Em estudos com espécies generalistas quanto a especificidade por habitat, as quais são distribuídas amplamente e em abundância devido a sua plasticidade, foram avaliadas a atividade de POD e SOD. Mudas *C. langsdorfii* apresentaram maior atividade da SOD nas folhas do que nas raízes, o que ocorreu na 1ª fotossíntese zero nas mudas sob irrigação intermitente, diferindo das mudas de irrigação contínua, ressaltando que maiores valores nas folhas foi sob 100% de luminosidade (ROSA et al. 2017). Para mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi a atividade da SOD e POD foi maior tanto nas folhas quanto nas raízes devido ao déficit hídrico, sendo que, quando reidratada reduziram essa taxa de atividade enzimática, sugerindo que o déficit hídrico intermitente causa estresse oxidativo nessa espécie (NUNES et al. 2017).

Sabe-se que a superóxido dismutase e a peroxidase são enzimas importantes, pois atuam como agentes antioxidativos no interior dos tecidos vegetais, com o objetivo de combater diversos radicais livres, as conhecidas espécies reativas ao oxigênio (ROS) que são produzidas em situações de estresse ambiental, como por exemplo o déficit hídrico. Neste estudo o déficit hídrico associado a com a restrição hídrica foram responsáveis por causar alguma desordem oxidativa nas mudas de *C. xanthocarpa* perturbando o redox celular, elevando a produção das espécies reativas de oxigênio que são altamente citotóxicas e podem dar origem a danos nas proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos, causando, por exemplo, a peroxidação das membranas e a perda de íons (GUO et al., 2007; OLIVEIRA et al. 2008; POMPELLI et al., 2010).

Nossos resultados apoiam a hipótese de que o sombreamento minimiza os efeitos do déficit hídrico, porém, discordamos que possibilita a retomada do metabolismo antioxidante das mudas de *C. xanthocarpa*, o qual não se recuperou nas folhas e raízes, demonstrando sensibilidade na sua adaptação a ambientes sujeito ao déficit hídrico por falta de água. Diante disso, sugerimos que novos estudos devam ser realizados, aumentando o número de dias de

avaliação da recuperação, esperando dar condições para que as plantas recuperem os níveis de atividade das enzimas POD e SOD.

Por meio desse estudo, observamos que *C.xanthocarpa* é uma espécie nativa sensível ao déficit hídrico e ao pleno sol (0% de sombreamento). Essas informações são importantes porque podem auxiliar viveristas ou agricultores, minimizando as taxas de mortalidade das mudas e conseqüentemente os custos de produção, além de favorecer o sucesso de práticas de manejo em projetos de recuperação de áreas degradadas.

Poucos estudos foram encontrados para as espécies da família Myrtaceae avaliando déficit hídrico associado com níveis de sombreamento e atividade antioxidante, o que ressalta a necessidade de mais pesquisa dessa natureza para as espécies nativas Brasileiras, pois a compreensão do comportamento fisiológico em condições adversas em campo, podem auxiliar a produção de mudas com qualidade com foco na recomposição de áreas degradadas.

5. Conclusões

As plantas de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg suportaram o déficit hídrico em todos níveis de sombreamentos, apresentando maior atividade antioxidante de proteção e menor qualidade no cultivo a 0% de sombreamento. Os níveis de sombreamentos minimizaram o estresse hídrico nas mudas sob irrigação intermitente.

Após a reirrigação, todas as características avaliadas recuperaram os valores em relação ao grupo controle, exceto a atividade das enzimas POD e SOD das folhas.

6. Referências Bibliográficas

AZEVEDO, G. T. O. S.; NOVAES, A. B.; AZEVEDO, G. B.; SILVA, H. F. Desenvolvimento de mudas de Nim indiano sob diferentes níveis de sombreamento. **Floram – Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 249-255, 2015.

ASHARAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stress ful environments: An overview. **Photosynthetica**, v.51, p. 163-190, 2013.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: na examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

BAKER, N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BENTO, L.F.; SCALON, S.D.P.Q.; DRESCH, D.M.; PEREIRA, Z.V. Potential for recovery of *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg seedlings from water deficit. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 2775-2785, 2016.

BINOTTO, A. F. Relação entre variáveis de crescimento de Dickson em mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill exMaid e *Pinus elliottii* var.elliottii-Engelm. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, RS. p. 54, 2007.

BROETTO, F. **Métodos de trabalho em bioquímica vegetal e tecnologia de enzimas**. São Paulo: UNESP, 2014.

CARDOZO, C.; INADA, A.; MARCELINO, G.; FIGUEIREDO, P.; ARAKAKI, D.; HIANE, P.; CARDOSO, C. A. L.; GUIMARÃES, R. C. A; FREITAS, K. Therapeutic Potential of Brazilian Cerrado *Campomanesia* Species on Metabolic Dysfunctions. **Molecules**, v. 23, n. 9, p. 2336, 2018.

CHAVES, J. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; NEVES, J.C.L.; PEZZOPANE, J. E.M.; POLLI, H. Q. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo. Relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, v.28, n.3, p.333-341, 2004.

CHIRINO, E.; RUIZ-YANETTI, S.; VILAGROSA, A.; MERA, X.; ESPINOZA, M., LOZANO, P. Morpho-functional traits and plant response to drought conditions in seedlings of six native species of Ecuadorian Ecosystems. **Flora**, v. 233, p. 58-67, 2017.

COSTA, A. S.; FREIRE, A. L. D. O.; HEVILÁSIO, I. A. B. E. F.; PEREIRA, F. Respostas fisiológicas e bioquímica de plantas de aroeira (*Myracrodouon urundeuva* Allemão) ao déficit hídrico e posterior recuperação. **Irriga**, v. 20, n. 4, p. 705-717, 2015.

CNCFlora. *Campomanesia xanthocarpa* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Campomanesia_xanthocarpa>. Acesso em 13 novembro 2018.

DALMOLIN, A. C.; DALMAGRO, H. J.; LOBO, F. D. A.; ANTUNES, M. Z.; ORTÍZ, C. E. R.; VOURLITIS, G. L. Photosynthetic light and carbon dioxide response of the invasive tree, *Vochysia divergens* Pohl, to experimental flooding and shading. **Photosynthetica**, v. 51, n. 3, p. 379-386, 2013.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of White spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

DIN, J.; KHAN, S. U.; ALI, I.; GURMANI, A. R. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. **Journal Animal Plant Science**, v. 21, p. 78- 82, 2011.

EGERT, M.; TEVINI, M. Influence of drought on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress in leaves of chives (*Allium schoenoprasum*). **Environmental and Experimental Botany**, v. 48, n. 1, p. 43-49, 2002.

FERREIRA, D. F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de Experimentos – SISVAR 5.3**. Lavras: UFLA, 2010.

FRANÇA, P. H. T.; SILVA, E. C. A.; SILVA, T. C.; BRASIL, N. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Análise fisiológica em mudas de guanandi (*Calophyllum brasiliense* Cambess) submetidas ao déficit hídrico. **Agropecuária Científica no semi-árido**, v.13, p.264-269, 2017.

FRANCO, A. C.; BUSTAMANTE, M.; CALDAS, L. S.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; KOZOVITS, A. R.; RUNDEL, P.; CORANDIN, V. T. R. Leaf functional traits of Neotropical savana trees in relation to seasonal water deficit. **Trees**, v. 19, n. 1, p. 326-335, 2005.

GOMES NETO, V.; RIBEIRO, P.R.; DEL-BEM, L.E.; BERNAL, D.T.; CUNHA LIMA, S.T.; LIGTERINK, W.; FERNANDEZ, L.G.; De Castro, R.D. Characterization of the superoxide dismutase gene family in seeds of two *Ricinus communis* L. genotypes submitted to germination under water restriction conditions. **Environmental and Experimental Botany**, 2018.

GUO, T. R.; ZHANG, G. P.; ZHANG, Y. H. Physiological changes in barley plants under combined toxicity of aluminum, copper and cadmium. **Colloids and Surfaces: Biointerfaces**, v. 57, n. 2, p. 182-188, 2007.

GU, J.; ZHOU, Z.; LI, Z.; CHEN, Y.; WANG, Z.; ZHANG, H.; YANG, J. Photosynthetic properties and potentials for improvement of photosynthesis in pale green leaf rice under high light conditions. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, n. 1082, p. 1-14, 2017.

JIM, H.; LI, M.; DUAN, S.; FU, M.; DONG, X.; LIU, B.; FENG, D.; WANG, J.; WANG, H-B. Optimization of light-harvesting pigment improves photosynthetic efficiency. **Plant Physiology**, v. 172, p. 1720-1731, 2016.

JUNGLOS, F. S.; JUNGLOS, M. S.; DRESCH, D. M.; PEREIRA, N. S.; KODAMA, F. M.; SCALON, S. D. P. Q. Recovery of the photosynthetic capacity of *Campomanesia adamantium* (Myrtaceae) after water deficit. **Brazilian Journal of Botany**, v. 39, n. 2, p. 541-546, 2016.

LEMOES-FILHO, J. P. Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysenterica* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa. **Revista brasileira de Botânica**, v. 23, n. 1, p. 45-50, 2000.

LI, Y. G.; LI, L. H.; JIANG, G. M.; NIU, S. L.; LIU, M. Z.; GAO, L. M.; PENG, Y.; JIANG, C. D. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sand land. **Photosynthetica**, v. 42, n. 2, p. 243-249, 2004.

MATO GROSSO DO SUL. Decreto n. 13.977, DE 5 DE JUNHO DE 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=271190>, Acesso em: 18 de novembro de 2018.

MAXWELL, C.; JOHNSON, G. M. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 354, p. 659-668, 2000.

NUNES, D. P.; SCALON, S. D. P. Q.; DRESCH, D. M.; GORDIN, C. R. B. Photosynthetic and enzymatic metabolism of *Schinus molle* Raddi seedlings under water deficit. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 6, p. 676-682, 2017.

OLIVEIRA, J. E. Z.; AMARAL, C. L. F.; CASALI, V. W. D. Caracterização isozimática e atividade de peroxidase em folhas de plantas hiperídrica, intermediária e normal de *Bidens pilosa* L. mantidas in vitro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 32-36, 2008.

POMPELLI, M. F.; BARATA-LUÍS, R.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 8, p. 1207-1215, 2010.

PUYANG, X.; AN, M.; XU, L.; HAN, L.; ZHANG, X. Antioxidant responses to waterlogging stress and subsequent recovery in two Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) cultivars **Acta physiologia e plantarum**, v. 37, n. 10, p. 197, 2015.

REIS, S.M.; MARIMON-JUNIOR, B.H.; MORANDI, P.S.; SANTOS, C.O.; OLIVEIRA, B.; MARIMON, B.S. Desenvolvimento inicial e qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf. sob diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Florestal**, v.26, p.11-20, 2016.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, v. 40, n. 1, p. 13-29, 2002.

ROSA, D. B.; SCALON, S. P.; CREMON, T.; CECCON, F.; DRESCH, D. M. Gas exchange and antioxidant activity in seedlings of *Copaifera langsdorffii* Desf. Under different water conditions. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3039-3050, 2017.

SPAROVEK, G.; BERNDES, G.; KLUG, I. L.; BARRETTO, A. G. Brazilian Agriculture and Environmental Legislation: Status and Future Challenges. **Environmental science & technology**, v.44, p. 6046-6053, 2010.

SCALON, S. P. Q.; KODAMA, F. M.; DRESCH, D. M.; MUSSURY, R. M.; PEREIRA, Z. V. Gas Exchange and photosynthetic activity in *Hancornia speciosa* Gomes seedlings under water deficit conditions and during rehydration. **Bioscience Journal**, v. 31, p. 1124– 1132, 2015.

SILVA, F. G. DA.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L. M. B.; MELO, A. S. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.946–952, 2015.

SOUZA, C. S. C. R.; SANTOS, V. A. H. F.; FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. Submetidas a diferentes níveis de irradiância. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 557-569, 2017.

SUZUKI, N.; RIVERO, R. M.; SHULAEV, V.; BLUMWAL, E.; MITTLER, R. Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytol.**, v. 203, p. 32–43, 2014.

TAIZ, L; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. [tradução: Alexandra Antunes Mastrobertiet al.]; revisão técnica: Paulo Luiz de Oliveira. – 6ª ed. – Porto Alegre : **Editora Artmed**, 858 p., 2017.

TELEGINSKI, F.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S.; DEGENHARDT-GOLDBACH, J.; TELEGINSKI, E. Resgate vegetative de *Campomanesia xanthocarpa* Mart. ex O. Berg por alporquia. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 2, p. 820-826, 2018.

VURUKONDA, S. S. K. P.; VARDHARAJULA, S.; SHRIVASTAVA, M.; SKZ, A. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiological research**, v. 184, p. 13-24, 2016.

WANG, J. Y.; TURNER, N. C.; LIU, Y. X.; SIDDIQUE, K. H.; XIONG, Y. C. Effects of drought stress on morphological, physiological and biochemical characteristics of wheat Taizspecies differing in ploidy level. **Functional Plant Biology**, v. 44, n. 2, p. 219-234, 2017.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A. C.; BRAGA, E. J. B.; PETERS, J. A.; BACARIN, M. A. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 157-161, 2006.

ANEXOS

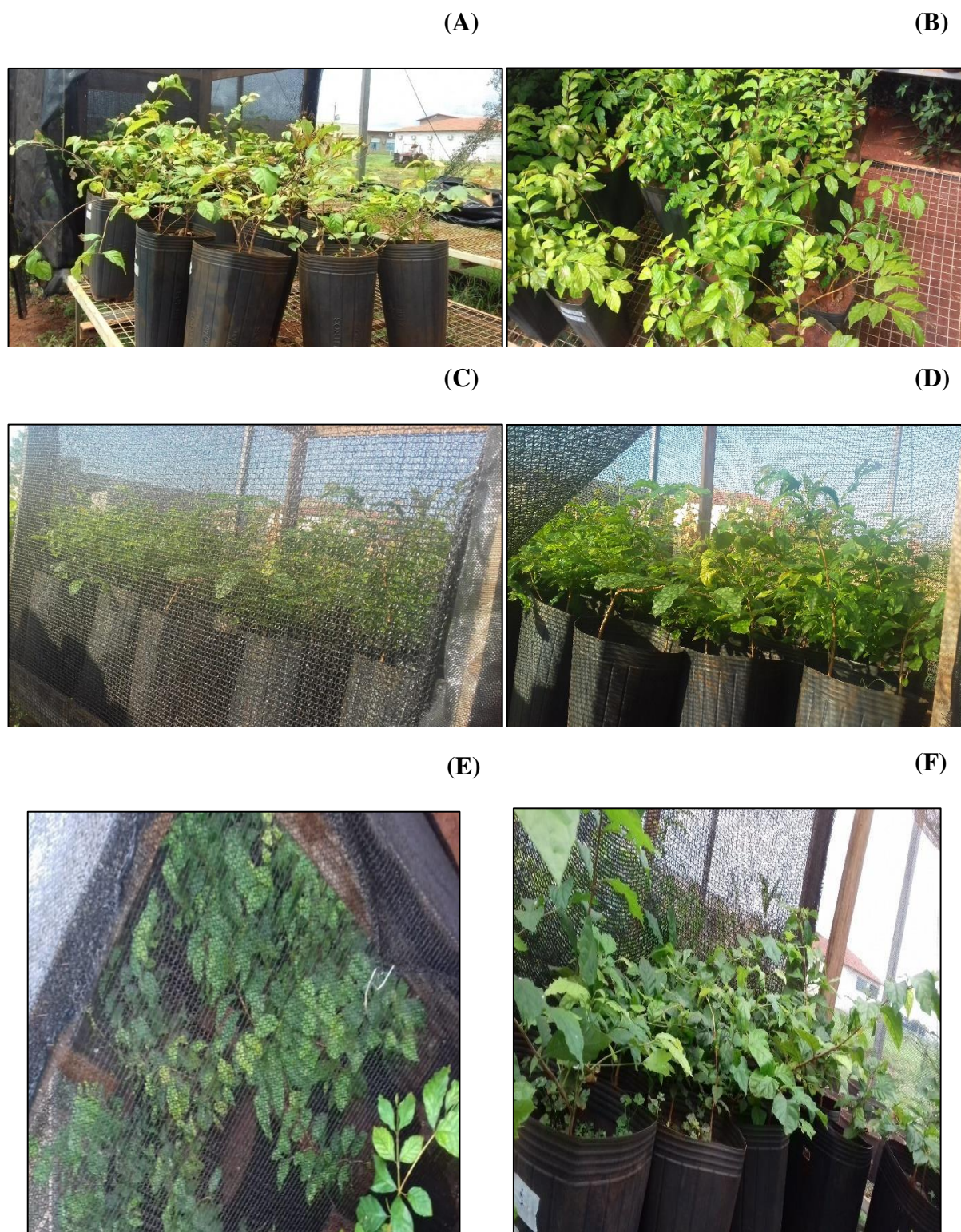


Figura 1: Mudanças de *Campomanesia xanthocarpa* em função dos sombreamentos, das condições de irrigação e dos períodos experimentais (Capítulo I e II). Exposição dos vasos e tela para sombreamento, mudas cultivadas a 0% (A); mudas cultivadas a 30% (C e D) e 70% (E e F). Dourados-MS, UFGD, 2018.

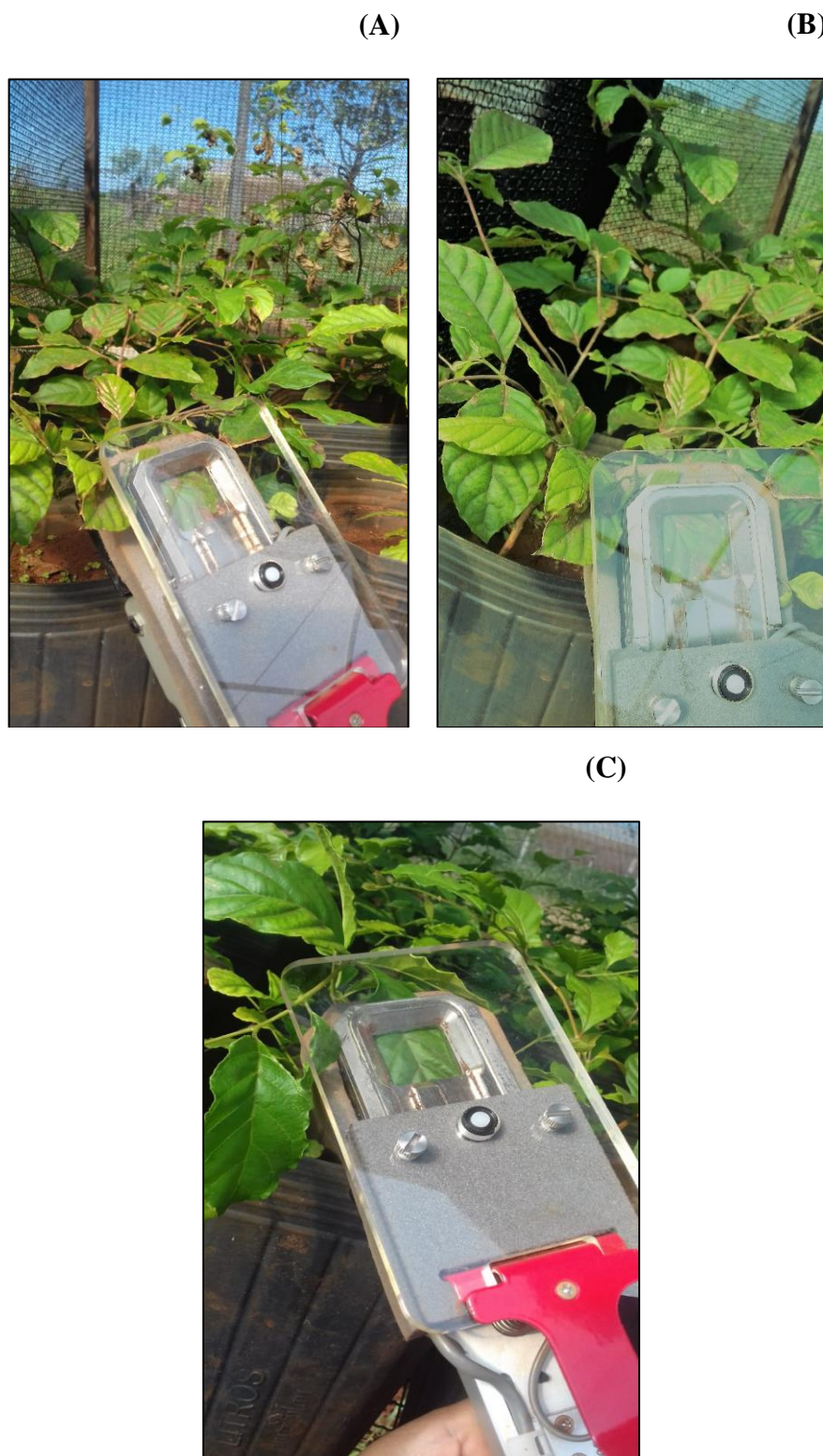


Figura 2: Mudanças de *Campomanesia xanthocarpa* em função de diferentes sombreamentos, condição de irrigação e uso do IRGA para proceder leituras de trocas gasosas (Capítulo I). Disposição dos vasos e detalhe da cobertura plástica das mudas cultivadas a 0% (A); mudas cultivadas a 30% (B) e 70% (C). Dourados-MS, UFGD, 2018.