



MATHEUS PENA CAMPOS

**COMPORTAMENTO MORFOFISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS
DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDAS AO
DÉFICIT HÍDRICO**

**SETE LAGOAS
2016**

MATHEUS PENA CAMPOS

**COMPORTAMENTO MORFOFISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS
DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDAS AO
DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João Del Rei, Campus Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Montoani Silva

**SETE LAGOAS
2016**

Ficha catalográfica elaborada pela Divisão de Biblioteca (DIBIB)
e Núcleo de Tecnologia da Informação (NTINF) da UFSJ,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C198c Campos, Matheus Pena.
Comportamento morfofisiológico de plantas jovens
de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) submetidas
ao déficit hídrico / Matheus Pena Campos ; orientador
José Carlos Moraes Rufini; coorientador Bruno
Montoani Silva. -- Sete Lagoas, 2016.
68 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias) -- Universidade Federal de São
João del-Rei, 2016.

1. Espécies nativas do Cerrado . 2. Cagaíta. 3.
Capacidade de pote. 4. Alocação de biomassa. 5.
Umidade crítica do solo. I. Rufini, José Carlos
Moraes, orient. II. Silva, Bruno Montoani, co
orient. III. Título.

MATHEUS PENA CAMPOS

**COMPORTAMENTO MORFOFISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS
DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDAS AO
DÉFICIT HÍDRICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pela Universidade Federal de São João Del Rei, Campus Sete Lagoas, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias, na área de concentração em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Montoani Silva

Sete Lagoas, 12 de agosto de 2016.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Leonardo Lucas Carnevalli Dias - UFSJ

Prof. Dr. Paulo Sérgio Nascimento Lopes - UFMG

Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini - UFSJ
Orientador

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MATHEUS PENA CAMPOS - Filho de Francisco das Chagas de Campos e Suzana Gonçalves Pena Campos, nasceu em 13 de outubro de 1990 na cidade de Sete Lagoas, estado de Minas Gerais, Brasil. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de São João Del-Rei - Campus Sete Lagoas, UFSJ-CSL, em março de 2009 e o concluiu em julho de 2014. Realizou intercâmbio em Lisboa, Portugal, no Instituto Superior de Agronomia, da Universidade de Lisboa, ao abrigo do Programa Ciências sem Fronteiras, como bolsista de graduação sanduíche do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), entre setembro de 2012 e junho de 2013. Durante o intercâmbio realizou o Trabalho de Conclusão de Curso, intitulado Produção e Fenologia das videiras Moscatel Galego e Macabeu em Portugal, sob orientação do Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini, da UFSJ-CSL. Na UFSJ-CSL, foi membro fundador da Empresa Júnior de Agronomia (EJAGRO) e exerceu cargos de Conselheiro Fiscal e diretor Vice-Presidente; membro voluntário do Grupo PET Agronomia, entre dezembro de 2011 e agosto de 2012 e aluno de iniciação científica no setor de cultura de cereais, entre dezembro de 2010 e abril de 2012. Durante o último semestre do curso de graduação, foi estagiário na Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Turismo, da Prefeitura Municipal de Sete Lagoas (PMSL) - MG, onde atuou no setor de Horticultura, sob a orientação do Prof. Dr. Iran Dias Borges e supervisão da gerente de abastecimento da PMSL, Ariane Geralda Moreira dos Santos. Em agosto de 2014, iniciou o mestrado na área de Produção Vegetal no Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias (PPGCA) da UFSJ-CSL, como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob a orientação do Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini e coorientação do Prof. Dr. Bruno Montoani Silva.

“O único lugar aonde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”

Albert Einstein

“Um leitor vive mil vidas antes de morrer, o homem que nunca leu vive apenas uma.”

George R. R. Martin

"Uma mente necessita de livros da mesma forma que uma espada necessita de uma pedra de amolar se quisermos que se mantenha afiada."

George R. R. Martin

Aos meus pais, Francisco e Suzana, e ao
meu irmão, Pedro Henrique: amigos
verdadeiros e reais partícipes da minha
escalada.

À minha avó Rosa - minha grande âncora.
Aos meus padrinhos Airton, Vera e Gena - fiéis
e constantes colaboradores.

À minha querida tia Mary (Dinha) - exemplo
de luta e superação.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre estar ao meu lado me guiando e dando forças nesta trajetória.
Ao Reiki, por ser minha forma de conduta e espiritualidade.

Aos meus pais, Francisco C. Campos e Suzana G. P. Campos, por me incentivarem a ser uma pessoa bem-sucedida e ao meu irmão Pedro Henrique, pelo apoio no experimento e pela amizade. À Natália e família pelo carinho e consideração.

À UFSJ pela oportunidade da realização do mestrado e pela infraestrutura oferecida para condução do meu projeto.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, pelos valiosos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini, meu brilhante orientador, pela paciência e pelas dicas e conselhos e sobretudo pela amizade.

Ao Prof. Dr. Bruno Montoani Silva, pela imensa ajuda durante todo o experimento e também na redação e análise de dados, pelos conselhos e pela grande amizade.

Ao Prof. Dr. João Carlos Ferreira Borges Jr., pelas sugestões na qualificação, pela atenção e ajuda constantes e pelos preciosos ensinamentos.

Aos professores Samuel Petraccone Caixeta, Anderson Oliveira Latini e Silvino Guimarães Moreira pelas dicas e ajuda na realização do experimento.

Às professoras Nádia Nardely Lacerda Durães Parrella, pelo empréstimo da balança digital; Alejandra Semiramis Albuquerque, pelo empréstimo do clorofilômetro portátil, equipamentos estes indispensáveis para realização deste experimento e à Adélia Conceição Diniz, pela imensa colaboração no cálculo da derivada do modelo logístico do meu segundo artigo.

À secretária da Pós-graduação, Carla Oliveira Melo, pela ajuda constante em cada um dos meus trâmites realizados.

Aos membros da banca examinadora, Paulo Sérgio N. Lopes e Leonardo Lucas C. Dias, por terem aceitado o meu convite e pelas sugestões e correções para a melhoria do meu trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida e pela oportunidade de continuar com meus estudos acadêmicos.

Aos meus amigos do mestrado, em especial Aarón Martínez, Carine Gregório, Saulo Saturnino, Larissa Melo, João Carlos, Martha Cristina, Yesenia Mendoza, Camila Rocha, Júnia Lara e Adriano Gonçalves, pela saudável convivência.

Aos amigos e alunos de graduação Aline Martinelli, Igor Resende, Amanda Guimarães, Gustavo Maldini, Júlia Macedo, Athos Viana e Eduardo Guimarães pela ajuda nas análises laboratoriais e na condução do experimento em casa de vegetação.

Aos amigos de pós e laboratório, Saulo Saturnino, Adriano Gonçalves e Yesenia Mendoza, pela imensa ajuda na condução de várias análises; em especial à minha amiga Mayara Santos, pela elaboração dos gráficos e ajuda em várias análises.

Aos grupos de estudos em fruticultura (GEFrut) e em sistema de plantio direto (GESPD), pelos conhecimentos adquiridos e pela agradável convivência.

A todos os meus familiares, primos, tios, pelo carinho, confiança e apoio.

A todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram e contribuem para o meu crescimento pessoal e agradeço pelos momentos de alegria e descontração.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este sonho pudesse ser realizado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	II
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS	6
ARTIGO 1 - ANÁLISE DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CAGAITEIRA (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.) EM DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO	11
Resumo	11
Abstract.....	12
Introdução.....	13
Material e métodos	15
Resultados.....	18
Discussão	24
Conclusão	27
Referências	28
ARTIGO 2 - RESPOSTA FOTOSSINTÉTICA, CLOROFILA E TRANSPIRAÇÃO DE CAGAITEIRA (<i>Eugenia dysenterica</i> DC.) EM FUNÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO.....	33
Resumo	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e métodos	37
Resultados.....	41
Discussão	48
Conclusão	50
Referências	51
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55

COMPORTAMENTO MORFOFISIOLÓGICO DE PLANTAS JOVENS DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO - Há escassez de estudos sobre mudanças nas características morfofisiológicas de mudas como estratégias de resposta a condições de baixa disponibilidade hídrica, capazes de ilustrar ou prever possíveis situações do ambiente natural com baixos índices de precipitações registrados, principalmente para espécies nativas do Cerrado. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento quanto ao crescimento, fotossíntese, transpiração e teor de clorofila, de plantas de *Eugenia dysenterica* DC., espécie nativa reconhecida por sua rusticidade e resistência à seca, considerando a hipótese de que as mudas sob condições hídricas com maiores níveis de água no solo terão resposta mais satisfatória apesar do déficit hídrico. O experimento foi realizado em vaso em casa de vegetação com ambiente controlado, na Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ), no Campus Sete Lagoas (CSL), conduzido durante 120 dias no delineamento em blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial duplo 2x5, correspondendo a duas plantas matrizes de cagaiteira e cinco tratamentos de condições hídricas a saber: controle (sem déficit), déficit semi-moderado, déficit moderado, déficit severo e ponto de murcha permanente (PMP), regadas a 100% da capacidade de pote (CP), 85% da CP, 70% da CP, 55% da CP e no PMP (51% da CP), respectivamente, com quatro repetições e quatro plantas por parcela, totalizando 160 unidades amostrais. Foram feitas avaliações biométricas em cinco épocas diferentes. Durante o período experimental, as variáveis de fotossíntese foram obtidas a cada cinco dias, através do IRGA CI-340, e o controle diário da transpiração foi feito por pesagem dos vasos. Ao final do período experimental, avaliou-se a alocação de biomassa, a partição e o teor de matéria seca, a área foliar (AF), o comprimento radicular (CR) e o teor de clorofila das mudas (TC). Este procedimento foi feito nas folhas, caule e raízes. Foi determinada a resposta da espécie à condição hídrica do solo. A umidade crítica para a cagaiteira em estágios iniciais de crescimento foi obtida com os dados de conteúdo de água no solo e com a taxa de evapotranspiração relativa, aplicando modelo logístico. O déficit hídrico mais severo, proporcionado pela condição hídrica de 51% da CP (PMP), reduziu o crescimento de parte aérea e o número de folhas (NF); provocou redução na produção de biomassa e matéria seca (MS); reduziu os teores de clorofila *a*, *b* e total e aumentou os comprimentos radiculares específico e por massa vegetal (CRE e CRMV). O prolongamento do estresse (90 a 120 dias após a diferenciação das condições hídricas) teve efeitos negativos no crescimento e desenvolvimento de cagaiteira. A matriz 2 demonstrou ser menos sensível ao déficit hídrico por ter apresentado maior resistência a redução do seu NF, maior teor de matéria seca no caule, menor matéria seca foliar e menor alocação de biomassa nas folhas. Ao contrário do que se esperava, a AF não apresentou diferenças significativas entre as condições hídricas propostas. O fluxo transpiratório das plantas de cagaiteira diminuiu em consequência da menor condutância estomática e deixa de ser potencial no limite crítico de água no solo, obtido pelo modelo logístico aplicado e situado acima do PMP.

Palavras-chave: espécies nativas do Cerrado. Capacidade de pote. Cagaiteira. Umidade crítica. Alocação de biomassa. Disponibilidade de água no solo.

MORPHOPHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) YOUNG PLANTS UNDER WATER DEFICIT

ABSTRACT - Studies about changes in the morphological and physiological traits of seedlings, associated with response strategies to low water availability conditions, able to illustrate or simulate possible scenarios of the natural environment with low levels of recorded rainfall, are few for native species of the Cerrado. In this context, the objective of this study was to evaluate the behavior on the growth and chlorophyll content of *Eugenia dysenterica* DC. seedlings, a native specie known for its hardiness and drought resistance, considering the hypothesis that despite the applied drought, the seedlings under water conditions with higher soil water levels will present more satisfactory answer. The experiment was conducted in pots in a greenhouse with controlled environment at the Federal University of Sao Joao del Rei (UFSJ) - Campus Sete Lagoas (CSL) during 120 days in a randomized block design (RBD), in factorial arrangement 2x5. The factors were two mother plants of cagaiteira and five treatments of water conditions, such as: control (no stress), semi-moderate stress, moderate stress, severe stress and permanent wilting point (PWP). The water conditions were irrigated to 100% of the pot capacity (PC), 85% PC, 70% PC, 55% PC and PWP (51% CP), respectively, with four replications and four plants per plot totaling 160 sampling units. Biometric evaluations were made in five different seasons. During the experimental period were obtained the photosynthetic variables every five days through the IRGA CI-340 and the daily control of transpiration was made, by weighing the pots. At the end of the trial period were evaluated the allocation of biomass, the partition of dry matter and the dry matter content for leaves, stem and roots. Also were evaluated the leaf area (LA), root length (RL) and chlorophyll content (CC) of seedlings. It was determined the response of this specie to the water status of the soil. The critical moisture for cagaiteira in the early stages of growth was obtained with the soil water content and the relative evapotranspiration rate data, using a logistic model. The most severe water deficit, provided by the condition of 51% of PC (PWP), reduced shoot growth and the number of leaves, what caused significant differences in biomass production and dry matter, reduced levels of chlorophyll *a*, *b* and total and increased specific root length (SRL) and root length per plant mass (RLPM). The prolonged stress (90 to 120 days after differentiation) had negative effects on the growth and development of cagaiteira. The mother plant 2 proved to be less sensitive to drought for presenting greater resistance to reduction of NL, higher dry matter content in stem, less leaf dry matter and less biomass allocation in leaves. On the contrary to what was expected, the LA showed no significant differences between the water conditions proposed. The transpiration flow of cagaiteira plants decreased because of lower stomatal conductance and ceases to be potential on the critical soil moisture limit, obtained by the logistic model applied and situated above the PWP.

Key-words: native species of Cerrado. Pot capacity. Cagaita. Critical moisture. Biomass allocation. Soil water availability.

INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado é uma formação savânica tropical que ocupa aproximadamente 2,0 milhões de Km² e corresponde a 23,1% do território brasileiro. Situa-se no Planalto Central, com pequena inclusão no Paraguai e na Bolívia, estendendo-se pelos estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal e porções dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, parte do Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Piauí, Pará e Rondônia (Bushbacher, 2000). Em Minas Gerais, este bioma compreende uma área de 30,8 milhões de ha, equivalente a 53% do território do estado (Carlos, 2009).

O clima da região abrangida pelo Cerrado é marcado pela sazonalidade na precipitação e temperatura ao longo do ano, com 1500 mm médios anuais, sendo que na região central do estado de Minas Gerais, especificamente no município de Sete Lagoas é de 1361 mm, abaixo da média esperada para a região de abrangência do bioma (IBGE, 2015) e 22°C a 27°C de temperaturas médias anuais, (Silva et al., 2001). Isto define dois períodos climáticos: um quente e úmido (estação chuvosa de setembro a abril) e outro frio e seco (estação seca de maio a agosto) (Eitem, 1993). No período de estiagem ocorrem incêndios frequentes, e o solo está sujeito a um déficit hídrico sazonal nas camadas superficiais (Franco, 2002).

Os solos do cerrado na sua maioria são ácidos e distróficos, com baixa concentração de matéria orgânica e concentrações limitadas de nutrientes, como cálcio, magnésio, fósforo e potássio (Alho e Martins, 1995). Neste ambiente de estresse, as espécies vegetais desenvolveram mecanismos eficientes para absorção do essencial para a sua sobrevivência, como água e nutrientes (Rocha, 2009).

O IPCC (International Panel on Climate Changes) (2007) destacou alguns sistemas propensos às alterações em vista das mudanças causadas pelo aquecimento global, incluindo ecossistemas tropicais como o Cerrado brasileiro, por redução nos níveis de precipitação e aumento da evapotranspiração. Segundo o IPCC (2007), os processos envolvidos nas mudanças climáticas terão efeitos diretos na redução da umidade relativa, no aumento da temperatura e na redução da amplitude térmica diária nas regiões abrangidas por este bioma.

Este ecossistema de savana típico do Brasil Central é caracterizado por cinco meses com poucos eventos de precipitação e um longo período com fortes precipitações (chuvas torrenciais de verão). A demanda evapotranspirativa é maior durante o período seco (maio a setembro) devido à umidade relativa do ambiente ser baixa (Bucci et al., 2008). Esta combinação entre aumento da evaporação e redução da precipitação durante a estação seca caracteriza o Cerrado como ambiente potencialmente estressante para as plantas vasculares (IPCC, 2007). Além

disso, é característico deste bioma veranicos frequentes em plena estação chuvosa, o que pode comprometer o crescimento vegetal e a reprodução de algumas espécies (Franco et al., 2005).

Embora seja um bioma pouco estudado quando comparado a outros presentes no Brasil, sabe-se que o Cerrado se constitui em uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, com alta riqueza, grande endemismo e grande heterogeneidade espacial (Myers et al., 2000). O nível de endemismo pode ser bastante elevado para plantas superiores - 44% e para plantas herbáceas - 70% (Myers et al., 2000; Machado et al., 2008). Portanto, iniciativas governamentais e novas pesquisas devem ser promovidas para o uso sustentável de espécies nativas do bioma (Davide e Silva, 2008), visto que a exploração descontrolada poderá acarretar perdas futuras (Carlos, 2009).

Um grande número de espécies nativas do Cerrado apresenta elevado potencial econômico e ecológico, além de sua importância social, sendo complemento da dieta local e atendendo a população com fonte de medicamentos, fibras, madeira para construções e energia (Brasil, 2008). Desde que a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico viabilizem seu aproveitamento, algumas espécies vegetais nativas podem ser potenciais fontes de exploração econômica (Barbosa, 1996). Algumas frutíferas nativas já são comercializadas, representando importante papel no hábito de consumo da população brasileira (Souza, 2000).

Neste aspecto, no estado de Minas Gerais, a grande diversidade de espécies frutíferas e medicinais do Cerrado permanece subutilizada, com o uso restrito às populações regionais, tendo um interessante valor econômico (Carlos, 2009). Inserida neste contexto, está a cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.), espécie frutífera, decídua e nativa do Cerrado, aproveitada pela população local para alimentação e uso medicinal (Brasil, 2008); porém, ainda pouco difundida para outras regiões além do seu local de ocorrência. Um dos motivos para a baixa divulgação e pouco conhecimento dessa espécie em algumas regiões do país pode estar relacionado com o seu desenvolvimento inicial lento e, conseqüentemente, sua produção de mudas ser quase inexistente, apesar de possuir uma germinação de sementes satisfatória (Souza et al., 2002).

Além de produzir frutos com aroma e sabor que atraem o consumidor, *E. dysenterica* DC., destaca-se por ser uma árvore corticeira, tanífera, melífera e ornamental (Jorge et al., 2010; Oliveira et al., 2011; Vieira et al., 2012). No entanto, mesmo tendo grande importância e reconhecido potencial, os trabalhos na literatura quanto à sua caracterização morfológica de plantas jovens em condições de Cerrado são escassos.

A qualidade de mudas é um atributo definido para que uma planta possa sobreviver e se desenvolver no campo após o plantio (Duryea, 1985). A determinação da qualidade das mudas

nativas aptas para o plantio, baseia-se em parâmetros morfológicos, atribuídos ao fenótipo da planta e nos fisiológicos, atribuídos ao aspecto interno da muda. Parâmetros morfológicos são os mais utilizados na determinação do padrão de qualidade das mudas, e a caracterização é feita por atributos físicos ou visuais importantes para o sucesso delas em campo (Fonseca, 2000). Carneiro (1995) classifica os cinco principais parâmetros morfológicos em: altura da parte aérea; diâmetro do colo; relação altura da parte aérea/diâmetro do colo; peso das mudas e percentual de redução de peso verde e peso seco.

A qualidade fisiológica das mudas, segundo Parviainen (1981), é função da carga genética e da origem da semente. Quanto à caracterização fisiológica de mudas, Carneiro (1995) cita, potencial hídrico foliar, estado nutricional da planta, ecofisiologia das raízes e potencial de regeneração das raízes como os principais parâmetros de avaliação. Outros parâmetros também podem ser analisados através das folhas como fotossíntese líquida, transpiração, condutância estomática e teor de clorofila.

A água é fundamental para a produção vegetal, visto que os cultivos agrícolas consomem grande quantidade de água, sendo que 98% desse volume apenas “passa” pela planta, tendo como destino a atmosfera, por meio da transpiração (Reichardt e Timm, 2004). Entretanto, o fluxo de água pela planta via xilema é essencial para a manutenção da anatomia, morfologia e fisiologia desta. A deficiência de água no solo afeta os principais processos metabólicos e de crescimento dos vegetais, tendo como efeitos mais claros do estresse hídrico, a redução do tamanho das plantas, da área foliar e da produtividade (Libardi, 2010).

Segundo Pereira et al. (1997), a folha é o principal órgão no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente. Portanto, a redução do número de folhas, bem como da área foliar ocasionada pelo déficit hídrico, representa para a planta menor aproveitamento do aparato fotossintético, com reflexo no crescimento, no desenvolvimento e, conseqüentemente, na produção total da cultura (Teruel, 1995).

As espécies arbóreo-arbustivas do Cerrado apresentam ciclo de vida perene, com mecanismos de sobrevivência e reprodução durante o período seco, quando ocorre a restrição hídrica em níveis mais acentuados (Oliveira, 1998). Muitas plantas possuem estruturas para conservar água, como os xilopódios ou sistema radicular bastante desenvolvido, capazes de alcançar as camadas mais profundas do solo (Oliveira et al., 2005; Saraceno, 2006).

Diferentes estratégias fenológicas de algumas espécies brevidecíduas e decíduas do Cerrado, como a perda completa da folhagem por certo tempo durante o período seco (Morais et al., 1995; Franco et al., 2005; Lenza e Klink, 2006) e a renovação da folhagem no final deste

período e início da estação chuvosa são observados nestes dois grupos do estrato arbóreo do Cerrado (Oliveira e Gibbs, 2000; Franco et al., 2005; Lenza e Klink, 2006).

A floração destas espécies também se concentra no período seco ou na transição entre o período seco e o chuvoso (Batalha e Mantovani, 2000; Oliveira e Gibbs, 2000). Além disso, as taxas de crescimento caulinar aumentam depois da primeira precipitação prolongada, impulsionadas pelo começo da estação chuvosa e as taxas de crescimento máximo são mantidas até dois ou três meses antes do fim desta estação, em meados de março (Saraceno, 2006).

As espécies frutíferas exploram grandes volumes de solo durante o seu tempo de vida e a capacidade de armazenamento de água no solo pode contribuir para redução do estresse hídrico (Girona et al., 2002). Em seu conceito clássico, a física do solo trabalhava com o termo Capacidade de Água Disponível (CAD) para definir a faixa de umidade do solo que a planta é capaz de extrair água, obtida pela diferença entre o teor de água no solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e considerava a água total e igualmente disponível para a planta neste intervalo (Veihmeyer e Hendrickson, 1927). Entretanto, sabe-se que o ideal do ponto de vista agrônomico não é apenas a planta manter-se viva, mas suprir sua demanda de água para obtenção da máxima capacidade produtiva (Silva, 2014). Isto implica que a utilização do conceito de PMP como limite de disponibilidade hídrica não considera o suprimento ideal para alta produtividade.

Um pouco mais tarde a partir das conclusões de Taylor (1952), adota-se um novo conceito, denominado umidade crítica (θ^*), definida como o limite inferior de água no solo (Allen et al., 1998), em substituição ao uso do PMP (limite inferior clássico de água no solo disponível para as plantas), onde a água não está disponível para absorção pelas raízes.

A umidade crítica foi conceituada como o valor de umidade do solo abaixo do qual há redução na abertura estomática e como consequência, menor crescimento da cultura devido à diminuição na taxa de transpiração, ocasionada pelo estresse hídrico (Taylor, 1952; Thornthwaite e Mather, 1955). Isto contraria o conceito clássico da CAD de distribuição total e uniforme entre CC e PMP. De acordo com Allen et al. (1998), abaixo deste limite (θ^*), a planta não consegue atender sua demanda transpirativa e passa a agir sob condição de estresse hídrico. O principal efeito colateral da condição de umidade crítica é a redução da fotossíntese, devido à diminuição das taxas de absorção de CO_2 , causando redução no crescimento vegetal (Van Lier, 2010). Na θ^* , a taxa de transpiração atual fica abaixo da transpiração potencial, devido ao fechamento estomático (Girona et al., 2002).

Entende-se por déficit hídrico qualquer período de ocorrência da deficiência de água no

solo, seja aguda ou crônica, afetando o desenvolvimento - divisão, aumento e diferenciação celular - das plantas e a decisão do agricultor com relação ao tipo de cultura, bem como que práticas culturais adotar (Reichardt e Timm, 2004; Libardi, 2010). Este conceito ocupa posição de destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando seu metabolismo, ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis (Nogueira et al., 2001).

As culturas são mais sensíveis ao déficit hídrico durante a emergência, a floração e a fase inicial de frutificação em relação às fases inicial e final do crescimento (Larcher, 2006; Taiz e Zeiger, 2013) e esta sensibilidade também pode ser diferenciada entre as variedades de uma mesma espécie. O déficit hídrico no solo é uma das maiores limitações verificadas nas regiões semiáridas e em regiões com período de estiagem prolongada, tendo a água como o principal reagente metabólico essencial para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Nogueira et al., 2005).

O “estresse hídrico” é definido como o efeito do déficit de água no solo para as plantas, caracterizado por uma condição de adversidade fisiológica em que o vegetal não exprime o seu potencial genético, ocorrendo a quebra de produtividade da cultura (Kramer e Boyer, 1995; Reichardt e Timm, 2004; Larcher, 2006; Taiz e Zeiger, 2013). O grau de deficiência hídrica de uma planta pode ser avaliado por meio de variáveis foliares, como o potencial hídrico foliar (ψ_f), bem como a medição da transpiração e das taxas fotossintéticas, obtidas por aparelho denominado IRGA (Infrared Gas Analyzer), que podem estar correlacionadas com a baixa disponibilidade de água no solo para a planta.

Contudo, existem algumas exceções onde o estresse hídrico induzido é benéfico aos vegetais, como: aumentar o conteúdo proteico em trigo, estimular a fase reprodutiva de algumas fruteiras (macieira, pereira e ameixeira), melhorar a maturação das bagas de uva e aumentar as propriedades aromáticas do tabaco (Larcher, 2006; Taiz e Zeiger, 2013).

A recarga de água natural do reservatório do solo é promovida pela chuva e a sua descontinuidade provoca variação na disponibilidade para as plantas (Libardi, 2010). Dessa forma, caracterizar o efeito do déficit de água no solo e o conseqüente estresse provocado nas plantas torna-se cada vez mais necessário para indicar genótipos mais tolerantes e com potencial produtivo para as regiões afetadas fortemente por este estresse abiótico.

Podemos definir como tolerância à seca o conjunto de características apresentadas pelas plantas que sofrem redução de biomassa por perda de água, sem, contudo, serem injuriadas, como a manutenção do seu turgor ou a sobrevivência em situações de desidratação (Kramer e Boyer, 1995; Reichardt e Timm, 2004; Nogueira et al., 2005). Este conceito caracteriza-se por

uma situação momentânea ou que foi induzida no ambiente, e difere do conceito de resistência à seca, onde determinada espécie vegetal sofreu alterações genéticas ao longo de várias gerações que lhe conferiram a capacidade de sobreviver em habitats com baixa disponibilidade hídrica por exemplo (Kramer e Boyer, 1995; Reichardt e Timm, 2004; Libardi, 2010). Portanto, a resistência à seca está relacionada com a adaptação de uma espécie a determinado ambiente e a tolerância à seca relaciona-se com a aclimatação de determinada espécie a uma situação estressante momentânea (Nogueira et al., 2005; Larcher, 2006; Taiz e Zeiger, 2013).

Por ser uma espécie frutífera, nativa do Cerrado, *E. dysenterica* DC., apresenta características que explicam sua evolução e adaptação a este bioma e, portanto, é classificada como resistente à seca e a baixa fertilidade do solo (Naves et al., 2002). Quanto à ocorrência, prefere formações de pequenos agrupamentos em Latossolos, com altitudes acima de 700 m e em relevos planos ou suavemente ondulados, estando associada a solos concrecionários que dificultam muito a penetração de raízes (Naves et al., 2002; Brasil, 2008).

Mesmo em regiões com estiagem prolongada no outono/inverno, as cagaiteiras podem atingir mais de 10 m de altura, embora a grande maioria das árvores têm porte entre 4 e 8 m. O sistema radicular é pivotante e profundo; as folhas são caducas e seu tronco apresenta sulcos com forte presença de cortiça (Naves et al., 2002). Além disso, apresenta queda de folhas velhas, brotações novas, florescimento e frutificação durante a estação seca (final) e início da estação chuvosa, demonstrando grande capacidade de sobrevivência em ambientes com baixa fertilidade do solo, ou seja, pobres em matéria orgânica, com elevada acidez, presença de alumínio tóxico e com déficit hídrico prolongado em alguns meses do ano (Naves et al., 2002; Brasil, 2008).

Estudos sobre o crescimento e sobrevivência de plantas em condições de baixa disponibilidade hídrica, capazes de ilustrar ou simular possíveis situações do ambiente natural com baixos índices de precipitações registrados, são escassos ou inexistentes para muitas espécies nativas do Cerrado. Isto nos traz a uma linha de pesquisa com relevante impacto ambiental, ecológico e agrônômico, merecedora de um volume maior de estudos e investimentos para incorporação no sistema produtivo. Desta forma, devido às qualidades adaptativas de *E. dysenterica* DC., ao bioma Cerrado e ao seu potencial produtivo e diversificado, este trabalho tem como objetivo avaliar as alterações no crescimento, morfologia, teor de clorofila, fotossíntese e transpiração de diferentes plantas matrizes, nos estágios iniciais de crescimento desta espécie submetidas ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- ALHO, C.J.R.; MARTINS, E.S. **De grão e grão o cerrado perde espaço**. Brasília: WWF PRO-CER, 1995. 66 p.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements**. Rome, Italy: Irrigation and Drainage Paper No. 56, FAO, 1998. 300 p.
- BARBOSA, A.S. **Sistema biogeográfico do cerrado: alguns elementos para sua caracterização**. Goiânia: UCG, 1996. 44 p.
- BATALHA, M.A.; MANTOVANI, W. Reproductive phenology patterns of cerrado plant species at the Pé-de-Gigante Reserve (Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brazil): a comparison between the herbaceous and woody flora. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 60, p. 129-145, 2000.
- BRASIL. **Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.)**. Lavras: Boletim Técnico No. 78, 2008. 21 p.
- BUCCI, S.J.; SCHOLZ, F.G.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, C.F.; FRANCO, A.C.; ZHANG, Y.; HAO, G. Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 20, n. 3, p. 233-245, 2008.
- BUSCHBACHER, R. **Expansão agrícola e perda da biodiversidade no cerrado: origens históricas e o papel do comércio internacional**. Brasília, DF: WWF Brasil, 2000. 104 p. (Série técnica, 7).
- CARLOS, L. **Requerimentos nutricionais de mudas de Favela, Pequi, e Marolo e Barbatimão**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas vegetais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.
- DAVIDE, A.C.; SILVA, E.A.A da. **Produção de sementes e mudas de espécies florestais**. Lavras: UFLA, 2008. 175 p.
- DURYEA, M.L. Evaluating seedling quality importance to reforestation. In: **Evaluating seedling quality principles, procedures, and predictive abilities of major tests**. Corvallis: Forest Research Laboratory Oregon State University, 1985. p. 1-6.
- EITEM, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, M.N. (Ed.). **Cerrado: caracterização ocupação e perspectiva**. 2.ed. Brasília: UNB, 1993. p. 17-73.
- FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneuron* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. 2000. 113 p. Tese. (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP.

FRANCO, A.C. Ecophysiology of woody plants. In: OLIVEIRA, P.S; MARQUIS, R.J. (Ed.). **The cerrados of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 178-197.

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

GIRONA, J.; MATA, M.; FERERES, E.; GOLDHAMER, D.A.; COHEN, M. Evapotranspiration and soil dynamics of peach trees under water deficits. **Agricultural Water Management**, Elsevier, v. 54, p. 107-122, 2002.

IBGE. **Cidades/Infográficos**. 2015.

Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=316720>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

IPCC. 2007. Disponível em: <<http://www.Ipcc.Ch/About/About.Htm>>. Acesso em: 07 fev. 2015.

JORGE, N.; MORENO L., D.M.; BERTANHA, B.J. *Eugenia Dysenterica* DC: actividad antioxidante, perfil de ácidos grasos y determinación de tocoferoles. **Revista Chilena de Nutrición**, v. 37, p. 208-214, 2010.

KRAMER, P.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. 1ed. San Diego, EUA: Academic Press, 1995. 495 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 3ed. São Carlos, SP: Rima, 2006. 529 p.

LENZA, E.; KLINK, C.A. Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, p. 627-638, 2006.

LIBARDI, P.L. Água no Solo. In: Van Lier, Q.J. (Ed.). **Física do Solo**. 1ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. p. 1-28.

MACHADO, R.B.; AGUIAR, L.M.S.; CASTRO, A.A.J.F.; NOGUEIRA, C.C.; RAMOS NETO, M.B. Caracterização da Fauna e Flora do Cerrado. In: FALEIRO, F.; FARIAS NETO, A.L. **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 285-300.

MORAIS, H.C.; DINIZ, I.R.; BAUMGARTEN, L. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 18, p. 163-170, 1995.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; DA FONSECA, G.A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

NAVES, R. V.; BORGES, J. D.; CHAVES, L.J. CAPA / A CAGAITEIRA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 289-596, 2002.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B.; SILVA, E.C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 22-31.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Lavras-MG, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

OLIVEIRA, M.E.S.; PANTOJA, L.; DUARTE, W.F.; COLLELA, C.F.; VALARELLI, L.T.; SCHWAN, R.F.; DIAS, D.R. Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. **Food Research International**, v. 44, p. 2391-2400, 2011.

OLIVEIRA, P.E. **Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de cerrado**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. p. 169-192.

OLIVEIRA, P.E.; GIBBS, P.E. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of the central Brazil. **Flora**, v. 195, p. 311-329, 2000.

OLIVEIRA, R.S. BEZERRA, L.; DAVIDSON, E.A.; PINTO, F.; KLINK, C.A.; NEPSTAD, D.C.; MOREIRA, A. Deep root function in soil water dynamics in cerrado savannas of central Brazil. **Functional Ecology**, v. 19, p. 574-581, 2005.

PARVIAINEN, J.V. Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1981, Curitiba. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, R. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ/USP, 1997. 70 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 1ed. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

ROCHA, J.P. **Fatores genéticos e ambientais na emergência de plântulas de pequi (Caryocar brasiliense Camb.)**. 2009. 47 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.

SARACENO, M.I. **Efeitos da fertilização a longo prazo no metabolismo fotossintético, nas características foliares e no crescimento em árvores do cerrado**. 2006. 135 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, B.M. **Disponibilidade de água no solo: métodos de estimativa e implicações de manejo em cafeeiros na região do cerrado**. 2014. 135 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SILVA, D.B. da; SILVA, J.A. da; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. **Frutas do Cerrado**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 178 p.

SOUZA, E.R.B.; NAVES, R.V.; CARNEIRO, I.F.; LEANDRO, W.M.; BORGES, J.D. Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições do Cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 491-495, 2002.

SOUZA, F.X. Aspectos morfológicos da unidade de dispersão de cajazeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 215-220, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5a ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2013. 918 p.

TAYLOR, S.A. Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields. **Soil Science**, v. 74, n. 3, p. 217-226, 1952.

TERUEL, D.A. **Modelagem do índice de área foliar de cana-de-açúcar em diferentes regimes hídricos**. 1995. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - ESALQ, Piracicaba.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publ. Clim. 8, 1955. 104 p.

VAN LIER, Q.J. (Ed.). **Física do Solo**. 1ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

VEIHMEYER, F. J.; HENDRICKSON, A. H. Soil-moisture conditions in relation to plant growth. **Plant physiology**, v. 2, n. 1, p. 71-77, 1927.

VIEIRA, P.M.; VERONEZI, E.; SILVA, C.R.; CHEN-CHEN, L. Detection of genotoxic, cytotoxic, and protective activities of *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae) in Mice. **Journal of Medicinal Food**, v. 15, p. 1-5, 2012.

ARTIGO 1

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) EM DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO

RESUMO

Objetivos O cultivo de espécies nativas do Cerrado e o estudo do comportamento destas em condições de baixa disponibilidade hídrica são atividades incipientes no Brasil; possivelmente por se acreditar que estas espécies são resistentes à seca e adaptadas à sazonalidade do clima. Diante disso, este trabalho foi conduzido para avaliar o efeito do déficit hídrico no crescimento e produção de biomassa de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.), espécie endêmica da savana tropical sul-americana e comprovar que, apesar de sua reconhecida resistência à seca, a escassez extrema de água é suficiente para provocar alterações morfológicas prejudiciais nas fases iniciais de crescimento.

Métodos O experimento foi realizado em casa de vegetação com ambiente controlado, conduzido durante 120 dias no delineamento em blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial duplo 2x5, correspondendo a duas plantas matrizes de cagaiteira e cinco condições hídricas. Foram avaliados o crescimento e as características funcionais de folha, caule e raiz destas plantas.

Resultados O déficit hídrico mais severo, proporcionado pela condição hídrica de 51% da CP, reduziu o crescimento de parte aérea e o número de folhas provocou redução na produção de biomassa e de matéria seca e aumentou os comprimentos radiculares específico e por massa vegetal das plantas de cagaiteira. O prolongamento do déficit teve efeitos negativos no seu crescimento e desenvolvimento. Houve diferença estatística entre as matrizes, sendo a matriz 2 mais resistente à seca. A área foliar não apresentou diferenças significativas entre as matrizes e entre as condições hídricas propostas.

Conclusões Quanto mais severo e mais prolongado foi o déficit hídrico aplicado, mais afetado foi o crescimento de parte aérea e mais reduzida emissão de novas folhas. O estresse provocado pela deficiência hídrica proporcionou aumento das características funcionais da raiz, corroborando a hipótese de que os vegetais em condições adversas investem em maior biomassa e convertem em maior quantidade de matéria seca nas raízes. A área foliar não demonstrou ser uma característica funcional interessante para explicar o efeito do estresse nas plantas de *E. dysenterica* DC.

Palavras-chave: Cerrado, Déficit hídrico, Área foliar, Matéria seca, Relação raiz/parte aérea e Capacidade de Pote.

Agradecimentos Esta pesquisa faz parte do projeto aprovado no Edital 01/2015, da Demanda Universal da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Os autores gostariam de agradecer a Universidade Federal de São João Del Rei - Campus Sete Lagoas (UFSJ-CSL) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), pela infraestrutura oferecida e também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

Comitê Orientador: Prof. Dr. José Carlos Moraes Rufini – UFSJ (Orientador); Prof. Dr. Bruno Montoani Silva – UFSJ (Coorientador).

ANALYSIS OF GROWTH AND BIOMASS PRODUCTION OF CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) AT DIFFERENT SOIL WATER LEVELS

ABSTRACT

Objectives The growing of native species of the Cerrado and the study of their behavior in low water availability conditions are rare in Brazil probably, because we believe that these species are drought resistant and adapted to the seasonal climate. Thus, this study was conducted to evaluate the effect of drought on the growth and the biomass production of cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.), an endemic specie from South America tropical savanna and also to prove that, despite their known resistance to drought, extreme shortage of water is enough to cause damage to the morphologic changes in the early stages of growing.

Methods The experiment was realized in a greenhouse with controlled environment, being conducted for 120 days in a randomized block design (RBD), in factorial arrangement 2x5, corresponding to two mother plants of cagaiteira and five treatments of water conditions. We evaluated the growth and the functional traits of leaf, stem and root of these plants.

Results The most severe water deficit, provided by the condition of 51% of CP (PMP), reduced shoot growth and the number of leaves, reduced biomass production and dry matter and increased specific root length and root length per plant mass of cagaiteira plants. The prolonged deficit had negative effects on their growth and development. There was a statistical difference between the mother plant and the plant 2 was more resistant to drought. The leaf area showed no significant differences between the mother plants and between the water conditions proposed.

Conclusions The more severe and longer be the water deficit applied, the more will affect the shoot growth and will reduce the emission of new leaves. The induced stress by low water availability led to an increase in the functional traits of root, what supports the hypothesis that the plants in adverse conditions invest in higher biomass and convert a greater amount of dry matter in the roots. The leaf area did not show to be an interesting functional trait to explain the effect of stress in *E. dysenterica* DC. plants.

Key-words: Cerrado, Water deficit, Leaf area, Dry matter, Root/shoot relation and Pot capacity.

Introdução

Plantas frutíferas do Cerrado apresentam grande potencial econômico para o setor alimentício, por meio do consumo *in natura* ou de produtos industrializados como polpa de suco, sorvete, doces, geleias, compotas, licores e vinho, além do uso medicinal (Gatti et al. 2014; Negrelle 2011; Santos et al. 2012; Stefanello et al. 2006). Entre as diversas plantas nativas do Cerrado que apresentam potencial para produção agrícola tradicional, destaca-se, a cagaiteira, *Eugenia dysenterica* DC. - Myrtaceae (Brito et al. 2003; Duboc e Guerrini 2007; Ribeiro et al. 2009; Telles et al. 2001). Esta espécie apresenta valor para produção de frutos, ornamentação, produção melífera e outras atividades como a extração de cortiça, pequenas construções civis, a fabricação de carvão, o uso de sua casca em curtumes e o uso medicinal (Brasil 2008; Duboc e Guerrini 2007; Jorge et al. 2010; Oliveira et al. 2011; Ribeiro et al. 2008; Vieira et al. 2012).

Segundo Donadio et al. (1992), a cagaiteira é uma planta perene típica nas diversas fitofisionomias do bioma Cerrado, predominante em regiões de cerradões menos pobres, com clima subtropical mais fresco. Apresenta comportamento bem peculiar quanto à ocorrência, pois prefere formações de pequenos agrupamentos em Latossolos, com altitudes acima de 700 m e em relevos planos ou suavemente ondulados (Naves et al. 2002; Ribeiro et al. 2008).

O IPCC (International Panel on Climate Changes) (2007) destacou alguns sistemas propensos às alterações climáticas em vista das mudanças causadas pelo aquecimento global, incluindo ecossistemas tropicais como o Cerrado devido à redução nos níveis de precipitação e ao aumento da evapotranspiração (Bucci et al. 2008; Collins et al. 2013; Cuquel et al. 2009; Lindner et al. 2014). Fisiologicamente a maioria das espécies frutíferas são classificadas como plantas C3, com altas taxas fotossintéticas e elevada transpiração (Aref et al. 2014; Taiz e Zeiger 2013). Assim quanto maior a disponibilização de água, maior a possibilidade de incremento de produtividade.

A deficiência hídrica afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas, de acordo com Nogueira et al. (2005), influencia no alongamento e na diferenciação celular, na redução da turgescência celular, na diminuição da área foliar, na produção e translocação de fotoassimilados para novas áreas de crescimento (Carvalho et al. 2003; Larcher 2006; Ludlow e Muchow 1990). A resposta final dos vegetais ao estresse, se manifesta pela redução da produção e alocação de matéria seca, principalmente da parte aérea da planta, por influenciar nas trocas gasosas de CO₂ e O₂ e no balanço de carbono (Markesteijn e Poorter 2009; Nogueira et al. 1998; Quintero-Vallejo et al. 2015; Silva e Nogueira 2003).

O crescimento vegetativo de plantas em estágios iniciais está associado aos aumentos na alocação de biomassa do caule e das folhas, área foliar específica e razão de área foliar, que são características que melhoram a captura de luz e o ganho de carbono (Larcher 2006; Markesteijn e Poorter 2009; Quintero-Vallejo et al. 2015). Entretanto, para espécies arbóreas do Cerrado como *E. dysenterica* DC., há um maior investimento em sistema radicular durante todo o ciclo de vida com exploração de grande volume de solo. Isto depende da capacidade de armazenamento de água no solo que a cultura pode extrair da zona radicular sem sofrer redução significativa no fluxo transpirativo (Aref et al. 2014; Girona et al. 2002).

A cagaiteira é reconhecida por sua rusticidade e capacidade de resistir a longos períodos de estiagem (Brasil 2008; Naves et al. 2002; Ribeiro et al. 2008), apresentando pouca alternância de produção. Mesmo em ambientes de estresse hídrico durante o outono/inverno, as cagaiteiras podem atingir mais de 10 m de altura,

embora a grande maioria das árvores têm porte entre 4 e 8 m. O sistema radicular é pivotante e profundo; as folhas são caducas e seu tronco apresenta sulcos com forte presença de cortiça (Naves et al., 2002). Além disso, apresenta queda de folhas velhas, brotações novas, florescimento e frutificação em plena estação seca (final) e início da estação chuvosa, grande capacidade de sobrevivência em ambientes com baixa fertilidade do solo, ou seja, pobres em matéria orgânica, com elevada acidez, presença de alumínio tóxico e com déficit hídrico prolongado em alguns meses do ano (Brasil 2008; Naves 1999; Naves et al. 2002; Oliveira et al. 2011).

Devido à pressão antrópica, muitas destas espécies nativas do Cerrado correm risco de extinção, (Cuquel et al. 2009) e, aliado às mudanças climáticas previstas para este século, tem-se como alternativa necessária a produção de mudas com boa capacidade de sobrevivência em ambientes com estresse. No entanto, em alguns casos, os cultivos não podem ser realizados em larga escala devido à escassez de informações sobre a variabilidade genética, produção de mudas, crescimento e desenvolvimento dessas espécies (Evert e Eichhorn 2006; José 2003; Paiva e Vital 2003; Silva et al. 1997).

Apesar das sementes de cagaiteira possuírem germinação satisfatória, o seu desenvolvimento inicial é bastante lento, tornando a produção de mudas em viveiros uma atividade ainda incipiente no país (Almeida et al. 1987; Ferreira 1972, 1980; Silva 1999; Souza et al., 2002), e a sua sobrevivência em campo e pouco estudada. Devido à rusticidade e a capacidade de adaptação da cagaiteira às diversas condições ambientais, incluindo a baixa disponibilidade de água no solo, que pode ser acentuada com as mudanças climáticas, têm-se recomendado o cultivo desta planta (Callado et al. 2013; Franco et al. 2006; Hitchmough 2010). Por isto torna-se imprescindível estudar a resposta de *E. dysenterica* DC., ao déficit hídrico.

Ao estimular o desenvolvimento em diferentes condições hídricas, as plantas de *E. dysenterica* DC., poderiam promover maior incremento em condições de maior disponibilidade hídrica? Avaliar tais mudanças nas características da planta, associadas com a disponibilidade de água no solo, oferece uma oportunidade única para compreender a resposta desta espécie a possíveis períodos de seca ou estiagem prolongada na natureza, como consequência da sua perpetuação no bioma Cerrado. Diante do exposto, as hipóteses para este estudo são: (1) plantas cultivadas sem limitação hídrica, na capacidade de pote (CP), sem estresse, teriam maior crescimento de parte aérea em comparação com as plantas conduzidas em condições com algum nível de déficit hídrico; (2), condições hídricas muito limitantes são capazes de provocarem alterações morfológicas prejudiciais nas fases iniciais de crescimento de plantas de cagaiteira, apesar de sua reconhecida resistência à seca e (3) plantas cultivadas em condições hídricas com maior restrição de água teriam maior alocação de biomassa nas raízes, maior relação raiz/parte aérea (R/Pa) e produziram raízes com maior comprimento radicular específico e por massa vegetal para melhorar a absorção de água e nutrientes.

Neste trabalho são apresentados os resultados de um experimento em casa de vegetação, em que plantas de duas matrizes de *E. dysenterica* DC., oriundas da região de Cerrado do estado de Minas Gerais foram cultivadas em cinco tratamentos de condições hídricas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar como estas diferentes condições de disponibilidade de água no solo afetaram o crescimento, alocação de biomassa e as características morfológicas desta espécie de Cerrado e também determinar a resposta desta à condição hídrica do solo.

Material e métodos

Local de estudo e delineamento experimental O experimento foi conduzido em vaso sob casa de vegetação, sem sistema de irrigação instalado, com ambiente controlado de temperatura e umidade relativa do ar durante as horas mais quentes do dia, com variação de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e de $65\% \pm 5\%$, respectivamente, na região central do estado de Minas Gerais, a $19^{\circ}28'S$, $44^{\circ}15'W$ e altitude de 732m. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, devido à presença de um gradiente de umidade no sentido norte-sul no interior da casa de vegetação, propiciado pelas placas de umidificação (norte) e pelo exaustor (sul), com intuito de reduzir possíveis influências do ambiente no crescimento das plantas. Adotou-se um arranjo fatorial 2x5, correspondendo a duas plantas matrizes e cinco tratamentos de condições hídricas a saber: controle (sem déficit), déficit semi-moderado, déficit moderado, déficit severo e ponto de murcha permanente (PMP), de acordo com nomenclatura proposta por Nascimento et al. (2011), mantidas a 100% da capacidade de pote (CP), 85% da CP, 70% da CP, 55% da CP e no PMP (51% da CP), respectivamente, com quatro repetições para cada tratamento. Foi estabelecido o intervalo fixo de 15% da CP de um tratamento hídrico para outro, admitindo que o menor valor atribuído (55% da CP) fosse superior ao conteúdo de água no ponto de murcha permanente (PMP), o qual foi previamente conhecido pela determinação da curva de retenção de água no solo em trabalho prévio (Campos et al. 2015). Cada parcela experimental constituiu-se de quatro vasos de polietileno preenchidos com 3,5 kg de solo contendo uma muda de cagaiteira por vaso, totalizando 40 parcelas experimentais e 160 vasos (N=160) como unidades amostrais neste experimento.

Plantas matrizes e local de coleta Frutos maduros de duas plantas matrizes de *E. dysenterica* DC., provenientes do mesmo local do estudo, foram coletados no período de frutificação (outubro) e despulpados manualmente, sendo suas sementes lavadas em água e colocadas para secar à sombra. As plantas foram obtidas sexualmente através da semeadura em tubetes de 290 cm³, em 14/10/2014, contendo substrato turfoso e mantidas com irrigação intermitente em um viveiro de mudas.

Solo e experimento em casa de vegetação A emergência ocorreu 42 dias após a semeadura (42° DAS), em 25/11/2014. Dois meses após a emergência das plântulas (60° DAE), em 25/01/2015, foi feito o transplântio das mudas para os vasos de plástico com quatro furos basais, contendo 3,5 kg de solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa 2013), unidade pedológica representativa da região de Cerrado, coletado a uma profundidade de 0-20 cm, procedente do mesmo local de estudo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 Análise da fertilidade do solo coletado em área de Cerrado, na região central de Minas Gerais - Brasil, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação

pH	P	K	S	Relação	Ca	Mg	Al ³⁺	H+Al	
Água	CaCl ₂	mg/dm ³		Ca/Mg	cmolc/dm ³				
5.7	5.2	2.9	43.7	2.9	11	2.2	0.2	0.1	4.6
Micronutrientes					CTC total*	M.O*	C org.* total	V*	m*
B	Zn	Fe	Mn	Cu	cmolc/dm ³	dag/Kg	%		
0.1	0.9	62.9	37.1	0.9	7.1	1.4	0.8	35	4

*CTC: capacidade de troca catiônica; M.O: matéria orgânica; C org.: carbono orgânico; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio.

Em estudo prévio (Campos et al. 2015), foi determinada a curva de retenção de água no solo (CRA), obtida em laboratório de acordo com Klute (1986). A CRA foi modelada empregando-se o modelo de van

Genuchten (1980) com restrição de Mualem [$m = 1 - (1/n)$], mediante o software RETC (van Genuchten et al. 1991). No ponto de inflexão (π) da curva modelada foram obtidos o U (g.g^{-1}), que foi utilizado como o conteúdo de água na capacidade de campo ($CC\pi$), determinado conforme Dexter (2004) e Silva et al. (2014) e o potencial matricial (Ψ_{π}). Também, a partir da CRA, foi estimado o conteúdo de água na capacidade de campo a -6 kPa ($CC6$). A partir do teor de água no PMP, calculou-se a capacidade de água disponível (CAD) a 6 kPa e no π (Tabela 2).

Tabela 2 Análise física do solo coletado em área de Cerrado, na região central de Minas Gerais - Brasil, utilizado no experimento em vasos em casa de vegetação

Densidade do solo	Pt*	Composição Granulométrica			Classificação Textural	
g/cm^3	$\text{m}^3.\text{m}^{-3}$	Areia (g.Kg^{-1})	Silte (g.Kg^{-1})	Argila (g.Kg^{-1})	Muito argilosa	
1.03	0.677	140	160	700		
Umidade (g.g^{-1})				Ψ_{π} *	CAD (6 kPa)	CAD (π)*
Inicial do solo	CP*	CC6*	PMP*	CC π *	kPa	$\text{m}^3.\text{m}^{-3}$
0.324	0.510	0.465	0.258	0.515	3.80	0.207
						0.257

*Pt: porosidade total; CP: capacidade de pote; CC6: capacidade de campo estimada a -6 kPa; PMP: ponto de murcha permanente estimado a -1500 kPa; CC π : capacidade de campo estimada no ponto de inflexão da CRA; Ψ_{π} : potencial matricial no ponto de inflexão; CAD (π): capacidade de água disponível entre CC π e o PMP.

Foi realizada a correção de magnésio no solo (15/02/2015) com aplicação de sulfato de magnésio (MgSO_4), fornecendo 48,6 mg de Mg dm^{-3} de solo, a fim reduzir a relação Ca/Mg do solo, que se encontrava além dos limites aceitáveis. Também foram feitas duas adubações de cobertura, respectivamente, aos 125 e 175 DAT (dias após o transplantio), em 07/06/2015 e 28/07/2015, respectivamente, utilizando solução nutritiva de Castellane e Araújo (1995), sendo o pH monitorado no momento da aplicação, com o uso de um peagâmetro portátil, e ajustado a $5,5 \pm 0,5$, utilizando-se de solução NaOH ou HCl 0,1 mol L^{-1} . A condutividade elétrica da solução nutritiva foi estabilizada com um condutímetro portátil, mantendo-a com valor inferior a 2,4 dS m^{-1} , conforme indicação de Távora et al. (2001) para mudas de mirtáceas, sendo a água utilizada como solvente inferior a 0,3 dS m^{-1} .

Determinação das condições hídricas Após 90 dias de aclimação (150^a DAE) e de manutenção das plantas na CP, foi realizada a diferenciação dos tratamentos hídricos na casa de vegetação com ambiente controlado, sem sistema de irrigação instalado, dando início ao período experimental que compreendeu 120 dias (do 150^a ao 270^a DAE), de 27/04/2015 a 25/08/2015.

A capacidade de pote (CP) é um método direto de determinação da capacidade de campo (CC) para experimentos com plantios em vasos, tendo uma condição hídrica do solo em que não há limitações de disponibilidade de água para a planta, que foi proposta e aqui determinada segundo Souza et al. (2000). A CP foi adotada como o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e consequente ação da gravidade, até o cessamento da drenagem em vasos. Foram utilizados quatro vasos para a determinação da CP, considerando a equação a seguir:

$$MU_{CP} = MS \times (1 + U_{CP}), \quad (1)$$

onde, MU_{CP} é a massa úmida na CP obtida pela média das pesagens dos quatro vasos, em Kg, segundo Souza et al. (2000); MS é a massa seca, em Kg, estimada para os vasos ($N=160$) e U_{CP} é a umidade do solo na CP, em g g^{-1} , obtida em laboratório pelo método gravimétrico padrão de estufa (Embrapa 2011). Após a estimativa da massa seca, o peso de cada vaso (MU) em cada tratamento foi definido através da % de umidade da CP (U_{CP})

atribuída a cada tratamento (100%, 85%, 70%, 55% e PMP). Neste caso, como MS era constante, quando se variava a U_{CP} para um respectivo tratamento, a MU também variava para o mesmo tratamento. Para determinação da U_{CP} , foram coletadas 24 amostras dos quatro vasos utilizados na obtenção da CP. De cada vaso, foram coletadas três amostras superficiais e três amostras na região mais profunda do vaso, em torno de 50 g de solo/amostra. Posteriormente foram pesadas 10 g de cada amostra e secadas em estufa de secagem e esterilização a 105 °C, até atingir peso constante (Embrapa 2011), obtendo o valor médio de 0,510 g/g (desvio padrão: 3,6532). Para determinação da umidade inicial do solo, foram utilizadas cinco amostras e aplicado o método gravimétrico padrão de estufa (Embrapa 2011), com valor médio obtido de 32,42% ou 0,324 g/g (desvio padrão: 0,5358).

Para avaliar a resposta da planta a uma condição de déficit hídrico severo, adotou-se com um dos tratamentos a condição hídrica no ponto de murcha permanente (PMP). A umidade no PMP foi estimada em laboratório, utilizando-se extrator de Richards, contendo as amostras coletadas do mesmo solo do experimento. Foram pesadas 25 g de cada uma das cinco amostras de solo com estrutura deformada em uma montagem com anel de PVC (25 mm de altura), malha e goma de borracha. Após este procedimento, as amostras foram colocadas em uma bandeja e saturadas por capilaridade (elevação gradual de lâmina de água) com água destilada, utilizando-se uma pisseta, durante 24 horas. Posteriormente, as amostras foram pesadas e levadas para determinação da água retida no potencial (Ψ) de - 1,5 MPa (Klute 1986) em seguida foram secas em estufa de secagem a 105 °C para quantificação do conteúdo de água (U), em g g⁻¹, associado ao Ψ estabelecido para o PMP. Foi determinado o valor de U no PMP de 0,258 g g⁻¹, correspondente a 51% do teor de água da CP.

Manejo da irrigação A manutenção dos tratamentos hídricos foi realizada através da pesagem dos vasos em dias alternados e com a reposição do volume da água perdido por evapotranspiração, até atingir o peso correspondente a cada condição hídrica, utilizando-se uma balança de precisão marca Welmy com capacidade para 15 kg e um béquer graduado, com capacidade para 0,5 L. Nesta metodologia de Souza et al. (2000), o ganho de peso da muda ao longo do tempo após o transplante é desconsiderado.

Avaliações biométricas O crescimento das plantas foi avaliado durante todo o período experimental, onde mensalmente foram mensurados a altura da parte aérea (APA), em m e o diâmetro do caule (colete) (DC), em mm, utilizando-se respectivamente uma régua graduada e um paquímetro digital 150 mm, marca Lee Tools 684132. Foi determinada a relação altura da parte aérea/diâmetro do colo (APA/DC), em m m⁻¹ e contado o número de folhas (NF) completamente expandidas de cada planta. A avaliação da altura das plantas e do diâmetro do caule foi baseada em uma marca indelével feita na base do caule. A primeira avaliação biométrica foi realizada no primeiro dia subsequente à diferenciação dos tratamentos hídricos (28/04/2015). A seguir foram feitas avaliações a cada 30 dias, nas datas seguintes: 27/05/2015, 26/06/2015, 25/07/2015 e 25/08/2015, totalizando cinco avaliações para o fator Época.

Avaliações fitotécnicas Ao final do período experimental (25/08/2015), as plantas foram coletadas, separadas em folhas, caule e raiz e aferida a massa verde (MV), em Kg. A área foliar (AF) das mudas de *E. dysenterica* DC. foi estimada segundo a metodologia proposta por Oga e Fonseca (1994) e por meio de um aparelho medidor de área foliar, da marca CID, Inc., modelo CI-202. Estabeleceu-se como valor de AF, em m², a média dos valores obtidos nas duas metodologias. Também foram determinados a quantidade de massa de matéria seca (MS), em Kg, após secagem em estufa com circulação e renovação de ar (65 °C) durante 72h e o percentual de redução de massa verde à matéria seca (redMVMS). A partir dos valores da MS, bem como da AF, foram calculadas a alocação de biomassa nas folhas (ABF), caules (ABC) e raízes (ABR), em g g⁻¹; a razão de área foliar

(RAF), em $\text{m}^2 \text{Kg}^{-1}$ de MS; a área foliar específica (AFE), em $\text{m}^2 \text{Kg}^{-1}$ de MS e a relação raiz/parte aérea (R/Pa), aplicando as fórmulas a seguir, segundo Benincasa (1988):

$$ABF = \frac{MSF}{MST}, \quad (2) \quad ABC = \frac{MSC}{MST}, \quad (3) \quad ABR = \frac{MSR}{MST}, \quad (4)$$

$$\frac{R}{Pa} = \frac{MSR}{MSF + MSC}, \quad (5) \quad RAF = \frac{AF}{MST}, \quad (6) \quad AFE = \frac{AF}{MSF} \quad (7)$$

onde, MST, MSF, MSC e MSR são respectivamente, em g, a matéria seca total, matéria seca foliar, matéria seca do caule e matéria seca radicular.

Também foram calculados o teor de matéria seca foliar, do caule e das raízes (TMSF, TMSC e TMSR, em g g^{-1}), através da razão entre a matéria seca sobre a matéria verde de cada seção; o comprimento radicular específico (CRE, em m Kg^{-1}), pela razão entre o comprimento radicular da raiz principal (CR, em m) e a matéria seca radicular e o comprimento radicular por massa vegetal (CRMV, em m Kg^{-1}), como o comprimento radicular sobre a matéria seca total (Quintero-Vallejo et al. 2015).

Análise estatística Os dados obtidos para crescimento e alocação de biomassa foram submetidos ao teste *a priori* de Shapiro-Wilk (teste de normalidade, com 5% de significância) para posterior análise de variância (ANOVA), a fim de verificar o efeito dos tratamentos e, por fim, as médias foram comparadas entre si pelo teste *a posteriori* de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software R, versão 3.2.1, pacote ExpDes (Ferreira et al. 2014). Para as variáveis de crescimento adotou-se um esquema fatorial triplo $2 \times 5 \times 5$, onde o fator Planta tinha dois níveis e os fatores Condição Hídrica e Época ambos com cinco níveis, correspondente a cada data de avaliação biométrica realizada durante os 120 dias de experimentação. Já para as variáveis de alocação de biomassa, de produção de matéria seca, de área foliar e de comprimento radicular fez-se um esquema fatorial duplo 2×5 , com os fatores Planta matriz e Condição hídrica, respectivamente.

Resultados

Avaliação do crescimento de plantas

As análises estatísticas evidenciaram que não houve interação significativa entre os três fatores (Planta matriz, Época e Condição hídrica) e não ocorreu interação entre Planta matriz x Época para a variável altura da parte aérea (APA), sendo verificada apenas as interações entre Condição hídrica x Época e Condição hídrica x Planta matriz, para esta mesma variável ($p\text{-value} < 0.001$, Tabela 3). Quanto à variável APA, observou-se diferença significativa a partir da 3ª Época, demonstrando que o efeito do déficit hídrico para a condição de PMP apenas ocorreu a partir do 60º dia após a diferenciação dos tratamentos hídricos.

A melhor resposta de crescimento de parte aérea das plantas foi para o tratamento controle, 100% da capacidade de pote e ocorreu nas épocas 90 e 120 dias após diferenciação das condições hídricas, tendo a hipótese 1 deste estudo sido corroborada. As plantas em ótimas condições de crescimento (100% da CP) aos 270 dias após emergência (DAE) ou último dia após a diferenciação (120º dia) atingiram 0,091 m, em média, de APA (Tabela 3). Notou-se ainda na última Época (120º dia) que a condição hídrica de 55% da CP proporcionou um resultado limitante ao crescimento de parte aérea e semelhante ao observado em PMP, para esta mesma época (Tabela 3), quando comparadas ao tratamento controle. Estes resultados demonstraram que plantas de *E. dysenterica* DC. em estágio inicial de crescimento apresentam sensibilidade ao déficit mais severo e que uma estiagem de

aproximadamente 60 dias já é suficiente para provocar alterações no crescimento em altura. Entretanto, o resultado mais importante é que as plantas de cagaiteira continuam crescendo ao longo do tempo, mesmo em situações de déficit hídrico mais severo (55% da CP e PMP). (Tabela 3).

A planta matriz 1 teve, em média, maior altura quando submetida às duas condições hídricas com maior quantidade de água no solo, ao passo que a matriz 2 não apresentou este resultado, sendo que as maiores médias de APA foram para 100% e 70% da CP, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 Médias das alturas de parte aérea (APA) de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições hídricas durante 120 dias

Altura da parte aérea (m)					
Época	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	0.0498 dA	0.0532 dA	0.0526 cA	0.0503 cA	0.0480 bA
30	0.0569 cA	0.0559 dA	0.0592 bA	0.0558 bA	0.0522 bA
60	0.0585 cA	0.0603 cA	0.0614 bA	0.0591 aA	0.0531 bB
90	0.0739 bA	0.0682 bB	0.0658 aB	0.0610 aC	0.0555 aD
120	0.0909 aA	0.0826 aB	0.0712 aC	0.0651 aD	0.0597 aD
p-value < 0.001					
Altura da parte aérea (m)					
Planta matriz	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	0.0661 aA	0.0695 aA	0.0596 bB	0.0569 aB	0.0523 aC
2	0.0660 aA	0.0586 bB	0.0645 aA	0.0597 aB	0.0551 aC
p-value < 0.001					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Quanto ao diâmetro do caule (DC), houve apenas interação para Condição hídrica x Planta matriz (p-value<0.001, Tabela 4). Verificou-se que a planta matriz 2 apresentou valores de diâmetros de caules semelhantes para todas as condições hídricas, exceto para o PMP. Já a planta matriz 1 apresentou diferenças estatísticas logo na segunda melhor condição hídrica, apenas 15% abaixo da CP (Tabela 4).

Como não houve interação entre Condição hídrica x Época, analisou-se separadamente o efeito do fator Época (p-value<0.001, Tabela 4) e foi possível observar que o DC foi incrementado ao longo das épocas avaliadas (Tabela 4), com diferença estatística a partir do 60^o dia após diferenciação, o que demonstra ser lento o seu crescimento secundário inicial. Em média o aumento de DC durante 120 dias de manutenção dos tratamentos hídricos representou 0,31 mm ou um ganho de 23,19 % (Tabela 4).

Tabela 4 Médias dos diâmetros de caules (DC) de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições hídricas durante 120 dias

Diâmetro do caule (mm)					
Planta matriz	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	1.6585 aA	1.5605 aB	1.3870 aC	1.4165 bC	1.3555 aC
2	1.4630 bA	1.4560 bA	1.4655 aA	1.5400 aA	1.3695 aB
p-value < 0.001					
Época					
	1	30	60	90	120
	1.3345 D	1.3625 D	1.4240 C	1.5710 B	1.6440 A
p-value < 0.001					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Para a variável APA/DC, assim como ocorreu com a variável APA, não houve interação significativa entre os três fatores e não ocorreu interação entre Planta matriz x Época, sendo verificada apenas as interações entre Condição hídrica x Época e Condição hídrica x Planta matriz (p-value: 0.0023 e p-value<0.001, Tabela 5). Observou-se maiores médias da relação APA/DC para a última Época (120 dias após diferenciação das condições hídricas) e para a condição hídrica controle (100% da CP), refletindo o papel fundamental da água para o investimento em altura de parte aérea e ao mesmo tempo em estabilização da espessura do diâmetro do caule.

Em relação à interação entre Condição hídrica x Planta matriz, a planta matriz 2 mostrou-se superior apenas na condição com maior nível de hidratação (100% da CP) (Tabela 5), fato este que pode ser compreendido como uma estratégia ao déficit hídrico, ou seja, maior investimento vegetativo e crescimento primário apenas quando estiver em condições ótimas de disponibilidade hídrica. Em condições de restrição do suprimento hídrico espera-se menor crescimento em APA (crescimento primário) e estabilização do DC (crescimento secundário), como ocorreu na planta matriz 2 a 85% da CP (Tabela 5). Como isto não ocorreu na planta matriz 1, devido ao maior crescimento em APA (Tabela 3), obteve-se uma maior relação APA/DC a 85% da CP (Tabela 5).

Tabela 5 Médias da relação APA/DC de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições hídricas durante 120 dias

Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do caule (m m ⁻¹)					
Época	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	35.6675 cA	39.6288 bA	39.8325 aA	38.9275 aA	37.6812 aA
30	40.1600 bA	40.6688 bA	44.1087 aA	42.5437 aA	39.7125 aA
60	39.6338 bA	42.3875 bA	44.2575 aA	41.2487 aA	39.1812 aA
90	43.8413 bA	41.5275 bB	44.7850 aA	38.5212 aB	39.0300 aB
120	52.6550 aA	47.3162 aB	45.4212 aB	38.6937 aC	41.6712 aC
p-value: 0.0023					
Relação entre altura da parte aérea e diâmetro do caule (m m ⁻¹)					
Planta matriz	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	39.8970 bB	44.6350 aA	42.9370 aA	40.5350 aB	38.6090 aB
2	44.8860 aA	39.9765 bB	44.4250 aA	39.4390 aB	40.3015 aB
p-value < 0.001					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Para a variável número de folhas (NF), verificou-se interação apenas entre Condição hídrica x Época e Condição hídrica x Planta matriz (p-value<0.001, Tabela 6). Nota-se que o estresse hídrico afetou o número de folhas em 3,6 e 2,3 folhas, respectivamente, quando comparamos a condição hídrica PMP com 100% da CP, aos 120 dias e 90 dias após diferenciação. Percebeu-se que o déficit hídrico induzido nas mudas de *E. dysenterica* DC., reduziu o número de folhas completamente expandidas após quatro meses de experimentação, evidenciando diferença estatística já na condição hídrica de 70% da CP (Tabela 6). Na condição hídrica com maior restrição de água (PMP), observou-se redução do número de folhas (NF) de 30 para 60 dias, sendo que nas demais condições hídricas não foi verificada redução desta variável ao longo das épocas de avaliação (Tabela 6).

A planta matriz 2 diferiu-se estatisticamente quanto ao número de folhas completamente expandidas apenas no PMP. Entretanto, na planta matriz 1 houve redução do NF em 1,07 folhas em média, já na condição hídrica de 70% da CP (Tabela 6).

Tabela 6 Médias dos números de folhas (NF) de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições hídricas durante 120 dias

Nº de folhas					
Época	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	3.56 bA	3.91 bA	3.78 aA	3.94 aA	3.88 aA
30	3.81 bA	3.91 bA	3.88 aA	4.25 aA	4.03 aA
60	3.95 bA	4.09 bA	4.22 aA	4.23 aA	2.65 bB
90	4.63 bA	4.59 bA	4.33 aA	4.13 aA	2.33 bB
120	5.78 aA	5.41 aA	4.28 aB	3.91 aB	2.18 bC
p-value < 0.001					
Nº de folhas					
Planta matriz	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	4.54 aA	4.62 aA	3.55 bB	3.75 bB	3.31 aB
2	4.15 aA	4.13 aA	4.64 aA	4.42 aA	2.71 bB
p-value < 0.001					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Produção de biomassa e resposta das plantas ao déficit hídrico

Não foi verificada interação significativa entre os fatores Condição hídrica x Planta matriz para as variáveis de produção de biomassa, partição de matéria seca, crescimento foliar e crescimento radicular, sendo apresentados os resultados por fator (Tabela 7 e 9). O teor de matéria seca do caule (TMSC) foi a única dentre as variáveis de partição de matéria seca que teve interação entre os dois fatores (Tabela 8).

Constatou-se diferença estatística para o fator Condição Hídrica para as variáveis massa verde total (MVT), matéria seca total (MST), matéria seca da folha (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca da raiz (MSR), alocação de biomassa na folha (ABF), alocação de biomassa no caule (ABC) e alocação de biomassa na raiz (ABR) (Tabela 7). Verificou-se maior MVT para as mudas cultivadas nas condições hídricas com maiores níveis de água no solo (100 e 85% da CP), como também para a condição hídrica de 55% da CP. A redução de MVT, comparando o tratamento 100% da CP com o PMP, representou, em média, mais de 50% de perda de biomassa, em Kg (Tabela 7). As plantas foram bastante sensíveis quanto à produção de biomassa e matéria seca, na condição hídrica do PMP, obtendo os piores resultados para as variáveis MVT, MST, MSC e MSR, com perdas de massa acima de 50%, quando comparadas à condição controle (Tabela 7).

Verificou-se valores estatisticamente semelhantes para ABF em todas as condições hídricas, exceto para o PMP que obteve a menor média. ABC e ABR apresentaram maiores médias para as plantas conduzidas na maior restrição hídrica, 51% da CP. Estes resultados confirmam a hipótese 3 deste trabalho.

Em relação ao fator Planta matriz, notou-se diferença estatística apenas para as variáveis matéria seca da folha e alocação de biomassa na folha, sendo que em ambos os casos a planta matriz 1 foi superior em relação à planta matriz 2 (Tabela 7). Este maior investimento em folhas pode não ser uma estratégia interessante para uma situação de estresse hídrico; entretanto, pode ser fisiologicamente benéfico em condições hídricas ótimas por dispor de um aparato fotossintético em maior quantidade e conseqüentemente obter um maior ganho em crescimento vegetal.

Tabela 7 Médias das variáveis de produção de biomassa e partição de matéria seca de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições de disponibilidade hídrica do solo durante 120 dias

Condição Hídrica	Redução MVMS* (%)	Massa Verde (Kg)		Matéria Seca (Kg)						R/Pa*	Alocação de Biomassa (g g ⁻¹)			Teor de Matéria Seca (g g ⁻¹)										
		Total		Total	Folha	Caule	Raiz	Folha	Caule		Raiz	Folha	Raiz											
100% da CP	50.29	a	0.002568	a	0.001248	a	0.000310	a	0.000126	a	0.000813	a	1.865	a	0.248	a	0.101	b	0.651	b	0.633	a	0.475	a
85% da CP	51.47	a	0.002768	a	0.001272	a	0.000307	a	0.000119	a	0.000847	a	1.990	a	0.241	a	0.093	b	0.666	b	0.516	a	0.470	a
70% da CP	46.69	a	0.001838	b	0.000934	b	0.000182	b	0.000097	a	0.000656	b	2.356	a	0.194	a	0.104	b	0.702	a	0.503	a	0.511	a
55% da CP	49.9	a	0.002289	a	0.001096	b	0.000280	a	0.000110	a	0.000706	b	1.809	a	0.256	a	0.100	b	0.644	b	0.419	a	0.485	a
PMP (51% da CP)	49.12	a	0.001213	c	0.000595	c	0.000112	b	0.000069	b	0.000415	c	2.302	a	0.188	b	0.115	a	0.697	a	0.342	a	0.476	a
Planta matriz																								
1	49.40	a	0.002236	a	0.001082	a	0.000268	a	0.000106	a	0.000708	a	1.893	a	0.213	a	0.113	a	0.674	a	0.492	a	0.484	a
2	49.59	a	0.002033	a	0.000976	a	0.000208	b	0.000102	a	0.000666	a	2.150	a	0.177	b	0.132	a	0.699	a	0.472	a	0.483	a
CV (%)	10.34		25.33		22.94		37.30		20.02		22.22		62.63		23.52		28.60		6.69		38.80		9.75	

*R/Pa: relação raiz parte aérea; Redução MVMS: percentual de redução de massa verde a matéria seca.
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

A variável teor de matéria seca do caule (TMSC) obteve interação entre os dois fatores: Condição hídrica e Planta matriz. Verificou-se maior acúmulo de TMSC na planta matriz 2 em relação à planta matriz 1, quando comparadas na condição hídrica mais desfavorável, o PMP (Tabela 8). O maior investimento de massa no caule nesta situação poderia ser atribuído a uma resposta ao déficit de água; porém não se pode afirmar que este resultado represente uma característica que conferira resistência à seca. A planta matriz1 não apresentou diferença estatística entre as condições hídricas, ao passo que a planta matriz2 obteve TMSC superior no PMP (Tabela 8).

Tabela 8 Médias dos teores de matéria seca dos caules (TMSC) de *E. dysenterica* para a interação entre plantas desta espécie e condições hídricas do solo

Planta	TMSC (g g ⁻¹)				
	Condição Hídrica				
	100% da CP	85% da CP	70% da CP	55% da CP	PMP (51% da CP)
1	0.544 aA	0.640 aA	0.777 aA	0.679 Aa	0.569 bA
2	0.600 aB	0.556 aB	0.599 aB	0.579 Ab	0.940 aA
CV (%)	21.42				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Notou-se diferença significativa para o fator Condição hídrica para as variáveis razão de área foliar (RAF), comprimento radicular (CR), comprimento radicular específico (CRE) e comprimento radicular por massa vegetal (CRMV). Para o fator Planta matriz não foi observada diferença estatística entre as médias para todas as variáveis (Tabela 9).

A RAF foi significativamente superior no PMP devido à redução da conversão de matéria seca total observada nas plantas submetidas nesta condição, com apenas 0,000112 Kg de MST (Tabela 9), visto que a área foliar (AF) foi estatisticamente igual para todas as condições hídricas. Estes resultados demonstraram que a área foliar não foi uma característica funcional interessante para explicar o efeito do déficit de água nas mudas de *E. dysenterica* DC.

O CR foi maior para 85% e 55% da CP; no entanto, esperava-se maior média desta variável na condição de maior estresse (PMP), sendo que esta foi estatisticamente semelhante às médias de 100 e 70% da CP. Quanto às variáveis CRE e CRMV, constatou-se o esperado para a hipótese 3 deste estudo, ou seja, valores estatisticamente superiores para o PMP em relação às demais condições hídricas (Tabela 9).

Tabela 9 Médias das variáveis área foliar (AF); razão de área foliar (RAF); área foliar específica (AFE); comprimento radicular (CR); comprimento radicular específico (CRE) e comprimento radicular por massa vegetal (CRMV) de diferentes plantas de *E. dysenterica* cultivadas sob diferentes condições de disponibilidade hídrica do solo durante 120 dias

Condição Hídrica	AF (m ²)	RAF (m ² Kg ⁻¹ de MS)	AFE (m ² Kg ⁻¹ de MS)	CR (m)	CRE (m kg ⁻¹ de MS)	CRMV (m kg ⁻¹ deMS)
100% da CP	0.000692 a	0.554 b	2.230 a	0.537 b	741.050 b	471.525 c
85% da CP	0.000682 a	0.536 b	2.222 a	0.669 a	834.400 b	548.038 c
70% da CP	0.000667 a	0.715 b	3.676 a	0.503 b	892.075 b	636.438 b
55% da CP	0.000692 a	0.632 b	2.470 a	0.711 a	1064.475 a	706.113 b
PMP (51% da CP)	0.000578 a	0.972 a	5.174 a	0.427 b	1229.925 a	905.475 a
Planta						
1	0.000690 a	0.637 a	2.569 a	0.591 a	958.360 a	646.790 a
2	0.000635 a	0.651 a	3.055 a	0.548 a	946.410 a	660.245 a
CV (%)	21.44	51.77	53.51	26.56	21.56	23.04

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott.

Discussão

As plantas de cagaiteira ajustaram suas características biométricas e morfológicas em resposta ao aumento do déficit hídrico no solo; entretanto, este comportamento não ocorreu em todas as variáveis analisadas. Esta ausência de diferenças significativas para algumas variáveis parece ter sido determinada pelas características intrínsecas desta espécie (Duboc e Guerrini 2007; Rizzini 1971; Silva 1999; Souza et al. 2002). Foi perceptível que o déficit hídrico mais severo no solo dos vasos do experimento provocou resultado prejudicial ao crescimento de parte aérea de *E. dysenterica* DC., em seus estágios vegetativos iniciais, corroborando a hipótese 2 deste trabalho e elucidando a dependência desta espécie, em condições de ambiente natural, quanto à precipitação na estação chuvosa.

Segundo Rizzini (1971), plantas novas de cagaiteira são encontradas em volta das plantas mães no mês de março, tendo a germinação natural das sementes ocorrido entre dezembro e janeiro logo após a queda dos frutos, mostrando que não há impedimento natural da germinação, porém, o poder germinativo não ultrapassa três meses em condições de baixo teor de água no solo (Martinotto et al. 2007; Rizzini 1971). Portanto, em anos com períodos de veranicos em plena estação chuvosa no Cerrado, principalmente com ocorrência entre os meses de germinação natural de *E. dysenterica* DC., não haverá propagação desta espécie, reduzindo assim a chance de perpetuação no ambiente natural (Bucci et al. 2008; Franco et al. 2005; Souza et al. 2002). Além disso, se o veranico ocorrer entre março e abril, fim da estação chuvosa, dificilmente haverá estabelecimento das plantas jovens de cagaiteira (Franco et al. 2005), o que elucida a importância da realização deste trabalho.

Avaliação do crescimento de plantas

Em estudo com a mesma espécie utilizada neste trabalho, avaliando a altura de parte aérea (APA) de mudas durante 4 anos, Aguiar et al. (2009) obtiveram valores médios de 1.68 m no último ano, com tendência de incremento anual em altura em torno de 0.38 m. Sano et al. (1995) encontraram valores de APA acima do obtido nesse trabalho, em torno de 0,092 m, em condição de sombra, após 140 DAE, sendo que em condições ótimas de crescimento para o presente trabalho, as plantas com a mesma idade (Época 1), encontravam-se com 0,0498 m (Tabela 3), apenas 54 % do valor encontrado pelos autores citados anteriormente. O sombreamento testado por Sano et al. (1995) causou estiolamento das plantas de cagaiteira, o que pode explicar os maiores valores de APA observados. Em outro estudo, a maior média de altura foi constatada aos 182 dias após a semeadura, com média de 0,06 m (Nietsche et al. 2004), resultado semelhante ao do presente trabalho.

O crescimento inicial lento das plantas está associado à própria espécie (Franco et al. 2005; Naves 1999; Naves et al. 2002; Silva 1999; Souza et al. 2002), como também pode ter sido em função do tamanho do recipiente e da semente utilizada (Nietsche et al. 2004); da condição hídrica aplicada em algumas plantas (Bucci et al. 2008; Franco et al. 2005; Kokutse et al. 2010; Trouet et al. 2012) ou da dificuldade de assimilação dos nutrientes no solo (Naves 1999), apesar da adubação de cobertura ter sido realizada com solução nutritiva aos 125 e 175 DAT dias após o transplantio.

Para a variável diâmetro do caule (DC), foram encontrados resultados semelhantes em estudo similar feito por Nascimento et al. (2011), onde o DC de plantas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) sob déficit hídrico foi avaliado semanalmente, havendo diferença estatística a partir do 49º dia após diferenciação. Contudo, ao se comparar ambas as espécies típicas do Cerrado, quanto ao crescimento radial, a cagaiteira demonstrou ser mais

resistente ao déficit que o jatobeiro por ter tido diferença estatística após 60 dias do início da diferenciação.

Neste estudo houve diferença estatística entre os dois grupos de plantas matrizes avaliados, os quais foram obtidos sexuadamente com sementes heterogêneas quanto ao tamanho. Este resultado pode ser um fator interessante na seleção de uma possível planta matriz para propagação semínifera entre plantas matrizes de *E. dysenterica* DC. Fato este que pode ser explicado por Nietsche et al. (2004), que avaliaram o crescimento de parte aérea e diâmetro do coleto de diferentes matrizes de *E. dysenterica* DC., oriundas de sementes com tamanhos distintos e concluíram que sementes de cagaiteira com maior volume propiciaram melhor crescimento inicial das plantas. O valor máximo de DC encontrado para ambas as plantas matrizes aos 120 dias após diferenciação foi de 1,644 mm, dentro do esperado para esta espécie nesta idade (270 DAE) e semelhante aos valores obtidos por Silva (1999) e Souza et al. (2002).

As espécies arbóreas vegetais em crescimento tendem a aumentar verticalmente e a se estabilizar radialmente. Sendo assim, quanto melhor for o estado nutricional de determinada planta, maior será o aumento temporal da relação APA/DC (Fonseca et al. 2002; Kokutse et al. 2010; Trouet et al. 2012; Marcati et al. 2016). Ainda segundo Fonseca et al. (2002), em estudo sob sombreamento com mudas de *Trema micrantha* (L.), espécie pioneira, de crescimento rápido e inapta a ambientes úmidos, constataram aumento linear significativo da relação, explicado pelo incremento da altura da parte aérea e redução do diâmetro do coleto (Camarero et al. 2010; Marcati et al. 2016).

Para se obter um padrão de qualidade de mudas, os valores desta relação devem ser inferiores a 8 cm de parte aérea por mm de diâmetro do coleto, ou inferior a 80 mm mm^{-1} ou 80 m m^{-1} (Carneiro 1995; Hunt 1990). Porém, esta relação deve ser utilizada em conjunto com outros parâmetros na determinação do melhor padrão de qualidade das mudas aptas para o transplântio. Os resultados da relação APA/DC, neste trabalho, encontraram-se dentro dos valores recomendados para o padrão de qualidade das mudas (Carneiro 1995; Hunt 1990), independente da Condição hídrica, Planta matriz e/ou Época analisada (Tabela 5).

Um dos efeitos mais marcantes da deficiência hídrica nos vegetais é atribuído à redução do desenvolvimento foliar, com a menor emissão de folhas novas, redução ou estabilização da área foliar e aumento da abscisão de folhas velhas (Bucci et al. 2008; Carnicer et al. 2011; Franco et al. 2005; Ogaya et al. 2014). A restrição de água não limita apenas o tamanho, mas também o número de folhas, pois são reduzidos o número e a taxa de crescimento dos ramos (Marcati et al. 2016; Taiz e Zeiger 2013).

Verificou-se a redução do número de folhas (NF) completamente expandidas para as condições hídricas mais intensas e o incremento de NF para as condições com menores restrições hídricas (Tabela 6). O mesmo comportamento em mudas de cagaiteiras no norte de Minas Gerais foi observado por Nietsche et al. (2004). Outros autores encontraram resultados semelhantes com diversas espécies submetidas ao déficit hídrico, como Nascimento et al. (2011), em mudas de jatobareiro; Figueirôa et al. (2004), em plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva*; Carvalho et al. (2004), em berinjela e Tognon et al. (2012), em plantas de *Ipomoea cairica* (L.) SWEET.

A cagaiteira é classificada como uma espécie de Cerrado decídua, com queda de folhas velhas na estação seca e renovação da folhagem no fim da estiagem e início da estação chuvosa (Brasil 2008; Naves 1999; Naves et al. 2002). Portanto, ao avaliar a variável NF nos estágios iniciais de crescimento, considerou-se sua redução ao longo do tempo como estratégia de resistência da espécie. Para a situação específica deste experimento com plantas entre cinco e nove meses de idade, ainda inaptas ao transplântio definitivo, a maior abscisão foliar conferiu resposta

imediate ao déficit hídrico mais severo no solo, uma maneira de resistir à falta de água. Ao observar o comportamento fenológico de plantas adultas de cagaiteiras em condições naturais de Cerrado e com caducifolia presente durante a estação seca, o consideramos como uma estratégia de resistência e com efeito semelhante ao comportamento observado nos estágios iniciais de crescimento, quando a planta abre mão de um maior aparato fotossintético para ganho de carbono (Larcher 2006; Markesteijn e Poorter 2009; Quintero-Vallejo et al. 2015), em detrimento do desenvolvimento do sistema radicular.

Produção de biomassa e resposta da planta ao déficit hídrico

De maneira semelhante às avaliações biométricas, os diferentes níveis de água no solo foram representativos para afetar a produção de massa verde total (MVT) e matéria seca na parte aérea (caule e folhas) e nas raízes, sendo que a condição hídrica mais limitante condicionou os piores resultados para estas variáveis.

Costa (2004) e Almeida et al. (2005) obtiveram valores semelhantes aos deste trabalho, utilizando plantas em condições hídricas sem restrição, corroborando a maior produção de matéria seca pelas plantas submetidas a 85 e à 100% da CP. A redução da produção de fitomassa seca se torna mais visível na medida em que a exposição das plantas ao estresse é mais prolongada (De Almeida et al. 2016; Bucci et al. 2008; Franco et al. 2005; Griffiths e Parry 2002).

As frações de biomassa de seções das plantas descrevem como estas alocam biomassa para interceptação de luz nos tecidos, no caso das folhas, ou para absorção de água nos tecidos pelas raízes (Benincasa 1988; Markesteijn e Poorter 2009). Nascimento et al. (2011) não encontraram diferenças significativas para as alocações nas três seções (folhas, caule e raiz) de mudas de jatobeiro, submetidas a 100, 75, 50 e 25% da CP. Lovelock et al. (1998) e Sánchez-Costa et al. (2015) salientaram que tal similaridade na alocação de biomassa de algumas espécies florestais possivelmente ocorre em virtude das baixas taxas fotossintéticas e transpiratórias apresentadas em estudos de crescimento de espécies arbóreas tropicais e mediterrâneas, respectivamente, submetidas ao déficit hídrico.

Neste trabalho a *E. dysenterica* DC., apresentou maior acúmulo de biomassa nas raízes e no caule. Isto pode ser entendido como uma estratégia desta espécie em não investir em folhas quando o fornecimento de água for menor e houver decréscimo da transpiração (Gottsberger and Silberbauer-Gottsberger 2006) e também como uma resposta à determinada situação adversa, como ocorre no PMP, concentrando o acúmulo de reservas nas raízes e no caule. Este fato permite inferir para plantas jovens de cagaiteira uma provável resposta à seca e/ou veranicos que ocorrem em ambiente natural de Cerrado (Callado et al. 2013; Gottsberger and Silberbauer-Gottsberger 2006).

Estes resultados comprovaram que o PMP, condição hídrica desfavorável ao crescimento vegetal, não deve ser adotado como limite inferior de água no solo; havendo, portanto, um teor de água no solo acima deste valor, onde a planta já não é capaz de suprir sua demanda evaporativa.

Quanto à relação raiz/parte aérea, verificou-se que não houve diferenças significativas entre os tratamentos aplicados (Tabela 7). Uma das razões para tal comportamento pode estar ligada ao equilíbrio ou lentidão no crescimento entre a raiz e a parte aérea das espécies arbóreas de Cerrado (Callado et al. 2013; Marcati et al. 2016), não havendo necessidade de investirem exclusivamente no seu aprofundamento radicular, fato corroborado por Nascimento et al. (2011), estudando mudas de *Hymenaea courbaril* L., submetidas a diferentes disponibilidades de água no solo.

O teor de matéria seca do caule indica a tenacidade do tecido vegetal, o qual pode ser entendido como um

bom indicador de longevidade do tecido vegetal caulinar (Markesteyn e Poorter 2009). O maior acúmulo de TMSC pode ser compreendido como um comportamento de tolerância a condições adversas (Sánchez-Costa et al. 2015), como foi observado no PMP para a planta matriz 2 deste estudo (Tabela 8). Assim sendo, possivelmente pode-se obter mudas desta planta matriz com maior durabilidade, ao nível de tecido, em relação as da planta matriz 1.

As variáveis área foliar específica e razão de área foliar indicam como as plantas investem eficientemente em interceptação de luz (Markesteyn e Poorter 2009; Poorter 1999). Maior ABF em combinação com maiores valores de AFE e RAF, podem aumentar a capacidade de captura da luz pela superfície foliar e promover o crescimento de biomassa (Poorter 1999). Larcher (2006), ainda complementou que a área foliar está relacionada ao desenvolvimento foliar e conseqüentemente a área de captação luminosa, o processo fotossintético e as trocas gasosas são diretamente influenciadas por ele. A área foliar de uma planta pode estar relacionada com a umidade relativa do ar, sendo maior em ambientes úmidos e menor em ambientes áridos (Figuerôa et al. 2004). Muitas espécies vegetais tendem a diminuir a AF, característica xeromórfica importante contra a perda excessiva de água (Gomes et al. 2009; Markesteyn e Poorter 2009; Villagra e Cavagnaro 2006).

Neste trabalho, não houve alteração da área foliar quanto ao déficit hídrico, fato que pode estar relacionado às características anatômicas encontradas em *E. dysenterica* DC., também observadas em outras espécies do gênero *Eugenia*, como presença de estômatos na face abaxial e cutícula espessa na face adaxial (Donato e De Morretes 2007; Esposito-Polesi et al. 2011; Gomes et al. 2009). Estas características protegem a planta contra as altas temperaturas, menor taxa respiratória e conseqüentemente uma economia na perda de água, não havendo necessidade de redução da AF.

Os menores valores observados para o CR em 100% da CP e no PMP podem ser explicados pela menor e maior limitação de água para as plantas, respectivamente, não havendo a necessidade de as plantas de cagaiteira investirem muito em raiz e, portanto, converterem fotoassimilados em biomassa da parte aérea devido ao déficit hídrico ter sido intenso o suficiente para interromper o crescimento radicular. Medições de comprimento radicular específico e por massa vegetal indicam como a biomassa alocada no sistema radicular pode melhorar a captura de água através do aumento da superfície de absorção (Markesteyn e Poorter 2009; Quintero-Vallejo et al. 2015). Assim, obteve-se maiores médias para o CRE e CRMV (Tabela 9) na condição hídrica mais limitante, tendo aqui outra resposta das plantas de *E. dysenterica* DC., à baixa disponibilidade de água no solo.

Isto refletiu em um menor investimento em matéria seca nas próprias raízes e na planta como um todo, em todas as plantas que foram submetidas às condições com menor disponibilidade de água no solo, visto que a condição de PMP é tida como agronomicamente restritiva. Portanto, ao se analisar o CR separadamente não temos respaldo suficiente para afirmar que a disponibilidade de água o influencie, sendo necessária uma abordagem mais ampla com a inclusão das variáveis de massa MSR e MST.

Conclusão

As plantas de cagaiteira ajustaram suas características biométricas e morfológicas em resposta ao aumento do déficit hídrico no solo, sendo que, quanto mais severo e prolongado for, mais afetará o crescimento de parte aérea e reduzirá o número de folhas expandidas. O estresse provocado pela deficiência hídrica proporcionou aumento das características funcionais da raiz e não alterou a área foliar das plantas de *E. dysenterica* DC.

Referências

- Aguiar AVD, Vencovsky R, Chaves LJ, Moura MF, Morais LKD (2009) Genetics and expected selection gain for growth traits in *Eugenia dysenterica* DC. populations. *Bragantia* 68(3):629-637
- Alho CJR, Martins ES (1995) De grão em grão o cerrado perde espaço. WWF, PRO-CER, Brasília
- Almeida SMZ, Soares AM, Castro EMD, Vieira CV, Gajego EB (2005) Morphologic alterations and biomass allocation in young plants of forestry species under different conditions of shading. *Cienc Rural* 35(1):62-68
- Almeida SP, Silva JA, Ribeiro JF (1987) Aproveitamento alimentar de espécies nativas dos cerrados: araticum, baru, cagaita e jatobá. Embrapa Cerrados, Planaltina
- Aref IM, Khan PR, Al-Mefarrej H, Al-Shahrani T, Ismail A, Iqbal M (2014) Cambial periodicity and wood production in *Acacia ehrenbergiana* Hayne growing on dry sites of Saudi Arabia. *J Environ Biol* 35:301-310
- Benincasa MMP (1998) Análise de crescimento de plantas. FUNEP, Jaboticabal
- Brasil (2008) Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Boletim Técnico, Lavras
- Brito MA, Pereira EBC, Pereira AV, Ribeiro JFR (2003) Cagaita: biologia e manejo. Embrapa Cerrados, Planaltina
- Bucci, SJ, Scholz FG, Goldstein G, Meinzer CF, Franco AC, Zhang Y, Hao G (2008) Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. *Braz J Plant Physio* 20(3):233-245
- Callado CH, Roig FA, Tomazello-Filho M, Barros CF (2013) Cambial growth periodicity studies of South American woody species – A review. *IAWA J* 34:213-230
- Camarero JJ, Olano JM, Parras A (2010) Plastic bimodal xylogenesis in conifers from continental Mediterranean climates. *New Phytol* 185:471-480
- Campos MP, Campos PHP, Campos AG, Rezende IF, Silva BM, Rufini JCM (2015) Métodos de determinação do limite superior de água disponível no solo em casa de vegetação. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. SBCS, Natal-RN
- Carneiro JGA (1995) Produção e controle de qualidade de mudas florestais. UFPR/FUPEF/Campos: UENF, Curitiba
- Carnicer J, Coll M, Ninyerola M, Pons X, Sánchez G, Peñuelas J (2011) Widespread crown condition decline, food web disruption, and amplified treemortality with increased climate change-type drought. *PNAS* 108:1474-1478
- Carvalho LM, Casali VWD, de Souza MA, Cecon PR (2003) Disponibilidade de água no solo e crescimento de *Artemisia*. *Hortic Bras* 21(4):726-730
- Carvalho JA, Santana MD, Pereira GM, Pereira JRD, Queiroz TD (2004) Níveis de déficit hídrico em diferentes estádios fenológicos da cultura da berinjela (*Solanum melongena* L.). *Eng Agric* 24(2):320-327
- Castellane PD, Araújo JAC (1995) Cultivo sem solo: hidroponia. FUNEP, Jaboticabal
- Collins M, Knutti R, Arblaster J, Dufresne JL, Fichet T, Friedlingstein P, Gao X, Gutowski WJ, Johns T, Krinner G, Shongwe M, Tebaldi C, Weaver AJ, Wehner M (2013) Long-term climate change: projections, commitments and irreversibility. In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (ed) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.

- Costa PMF (2004) Efeitos da alta concentração de CO₂ sobre o crescimento e o estabelecimento de plântulas do jatobá de mata *Hymenaea courbaril* L. VAR. *stilbocarpa* (HEYNE). 2004. Dissertação, Instituto de Biologia, UNICAMP
- Cuquel FL, Mielke EC, do Valle FJR, Poliquesi CB (2009) Biocity Project. *Acta Hort* 813:95-100
- De Almeida J, Tezara W, Herrera A (2016) Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. *Agr Water Manage* 171:80-88
- Dexter AR (2004) Soil physical quality Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma* 120:201-214
- Donadio LC, Martins ABG, Valente JP (1992) Fruticultura tropical. FUNEP, Jaboticabal
- Duboc E, Guerrini IA (2007) Crescimento inicial e sobrevivência de espécies florestais de matas de galeria no domínio do cerrado em resposta à fertilização. *Energ Agric* 22(1):42-60
- Donato AM, De Morretes BL (2007) Anatomia foliar de *Eugenia brasiliensis* Lam (Myrtaceae) proveniente de áreas de restinga e de floresta. *Braz J Pharmacog* 17(3):426-443
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (2011) Manual de métodos de análises de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro
- Esposito-Polesi NP, Rodrigues RR, Almeida M (2011) Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* Kiaersk (Myrtaceae). *Revista Árvore* 35(2):255-263
- Evert R, Eichhorn SE (2006) Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA (2014) ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Appl Math* 5:2952-2958. doi:10.4236/am.2014.519280
- Ferreira MB (1972) Frutos comestíveis nativos do Distrito Federal (I): gabiobas, pitangas e araçás. *Cerrado, Brasília* 18:11-15
- Ferreira MB (1980) Frutos comestíveis nativos do Cerrado em Minas Gerais. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte* 6(61):9-18
- Figueirôa JM, Barbosa DCA, Simabukuro EA (2004) Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta Bot Bras* 18(3):573-580
- Franco AC, Bustamante M, Caldas LS, Goldstein G, Meinzer FC, Kozovits AR, Rundel P, Coradin VRT (2005) Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19:326-335
- Franco JA, Martínez-Sánchez JJ, Fernández JA, Bañón S (2006) Selection and nursery production of ornamental plants for landscaping and xerogardening in semi-arid environments. *J Hort Sci Biotech* 81(1):3-17
- Fonseca EDP, Valéri SV, Miglioranza E, Fonseca NAN, Couto L (2002) Target seedlings of *Trema micrantha* (L.) Blume grown under different periods of shading. *Rev Arvore* 26(4):515-523
- Gatti AB, Takao LK, Pereira VC, Ferreira AG, Lima MIS, Gualtieri SCJ (2014) Seasonality effect on the allelopathy of Cerrado species. *Braz J Biol* 74(3):64-69. doi:10.1590/1519-6984.21512
- Girona J, Mata M, Fereres E, Goldhamer DA, Cohen M (2002) Evapotranspiration and soil dynamics of peach trees under water deficits. *Agr Water Manage* 54:107-122

- Gomes SM, Somavilla NSDN, Gomes-Bezerra KM, Miranda SDCD, Carvalho PS, Graciano-Ribeiro D (2009) Leaf anatomy of Myrtaceae species: contributions to the taxonomy and phylogeny. *Acta Bot Bras* 23(1):223-238
- Griffiths H, Parry MAJ (2002) Plant responses to water stress. *Ann Bot* 89:801-802
- Hitchmough J (2010) Applying an ecological approach, the future of urban horticulture. *Acta Hortic* 881(1):193-200
- Hunt GA (1990) Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations, General Technical Report RM-200 (ed) Proceedings. Roseburg, Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, pp 218-222
- IPCC (2007) <http://www.Ipcc.Ch/About/About.Htm>. Acessado 07 Dezembro 2014
- Jorge N, Moreno L DM, Bertanha BJ (2010) *Eugenia Dysenterica* DC: actividad antioxidante, perfil de ácidos grasos y determinación de tocoferoles. *Rev Chil Nut* 37:208-214
- José AC (2003) Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas. Dissertação, Universidade Federal de Lavras
- Klute A (1986) Water retention: laboratory methods. In: Black CA (ed) *Methods of Soil Analysis. I. Physical and mineralogical methods*. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, pp. 635-662
- Kokutse AD, Stokes A, Kokutse NK, Kokou K (2010) Which factors most influence heartwood distribution and radial growth in plantation teak? *Ann For Sc* 67:407-410
- Larcher W (2006) *Ecofisiologia vegetal*. Rima, São Carlos
- Lindner M, Fitzgerald JB, Zimmermann NE, Reyer C, Delzon S, van der Maaten E, Schelhaas MJ, Lasch P, Eggers J, van der Maaten-Theunissen M, Suckow F, Psomas A, Poulter B, Hanewinkel M, (2014) Climate change and European forests: what do we know, what are the uncertainties, and what are the implications for forest management? *J Environ Manage* 146:69-83
- Lovelock CE, Winter K, Mersits R, Popp M (1998) Responses of communities of tropical tree species in water-limited. *Oecologia* 116:207-218
- Ludlow MM, Muchow RC (1990) A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited. *Adv Agron* 43:107-153
- Marcati CR, Machado SR, Podadera DS, de Lara NOT, Bosio F, Wiedenhoeft AC (2016) Cambial activity in dry and rainy season on branches from woody species growing in Brazilian Cerrado. *Flora* 223:1-10. doi:10.1016/j.flora.2016.04.008
- Markesteyn L, Poorter L (2009) Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. *J Ecol* 97:311–325. doi:10.1111/j.1365-2745.2008.01466.x
- Martinotto C, Paiva R, Santos BR, Soares FP, Nogueira RC, Silva AAN (2007) Efeito da escarificação e luminosidade na germinação *in vitro* de sementes de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). *Cienc Agrotec* 31(6):1668-1671
- Nascimento HHCD, Nogueira RJMC, Silva ECD, Silva MAD (2011) Jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) seedling growth analysis at different water levels in the soil. *Rev Arvore* 35(3):617-626
- Naves RV (1999) Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás
- Naves RV, Borges JD, Chaves LJ (2002) Capa / A Cagaiteira. *Rev Bras Frutic* 24(2):289-596

- Negrelle RRB (2011) *Qualea* Aubl. from Parana State, Brazil. Acta Sci 33(3):347-355. doi:10.4025/actascibiolsci.v33i3.3671
- Nietsche S, Gonçalves VD, Pereira MCT, Santos FA, Abreu SCD, Mota WFD (2004) Seeds sizes and substrates on germination of seed and initial growth of cagaiteira. Cienc Agrotec 28(6):1321-1325
- Nogueira RJMC, Barbosa DCA, Moraes JAPV (1998) Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas à deficiência de água. Phyton 62:37-46
- Nogueira RJMC, Albuquerque MB, Silva EC (2005) Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: Nogueira RJMC et al (ed) Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. UFRPE, Imprensa Universitária, Recife, pp 22-31
- Oga FM, Fonseca CEL (1994) Um método rápido para estimar área foliar em mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Pesqui Agropecu Bras 29(4):571-577
- Ogaya R, Barbeta A, Basnou C, Peñuelas J (2014) Satellite data as indicators of tree biomass growth and forest dieback in a Mediterranean holm oak forest. Ann For Sci 72:135-144
- Oliveira MES, Pantoja L, Duarte WF, Collela CF, Valarelli LT, Schwan RF, Dias DR (2011) Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. Food Res Int 44:2391-2400
- Paiva HN, Vital BR (2003) Escolha da espécie florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- Poorter L (1999) Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. Funct Ecol 13:396-410. doi:10.1046/j.1365-2435.1999.00332.x
- Quintero-Vallejo E, Peña-Claros M, Bongers F, Toledo M, Poorter L (2015) Effects of Amazonian Dark Earths on growth and leaf nutrient balance of tropical tree seedlings. Plant Soil 396(1-2):241-255
- Ribeiro JF, Oliveira MC, Gullias APS, Fagg JMF, Aquino FG (2008) Usos múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: Faleiro FG, Farias Neto AL (ed) Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. EMBRAPA Cerrados, Planaltina, pp 337- 360
- Rizzini CT (1971) Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3. São Paulo-SP
- Sánchez-Costa E, Poyatos R, Sabaté S (2015) Contrasting growth and water use strategies in four co-occurring Mediterranean tree species revealed by concurrent measurements of sap flow and stem diameter variations. Agr Forest Meteorol 207:24-37
- Sano SM, da Fonseca CEL, Ribeiro JF, Oga FM, Luiz AJB (1995) Folhagem, floração, frutificação e crescimento inicial da cagaiteira em Panaltina, DF. Pesqui Agropecu Bras 30(1):5-14
- Santos RC, Kushima H, Rodrigues CM, Sannomiya M, Rocha LRM, Bauab TM, Tamashiro J, Vilegas W, Hiruma-Lima CA (2012) *Byrsonima intermedia* A. Juss.: gastric and duodenal anti-ulcer, antimicrobial and antidiarrheal effects in experimental rodent models. J Ethnopharmacol 140:203-212. doi: 10.1016/j.jep.2011.12.008
- Silva BM, Silva EA, Oliveira GC, Ferreira MM, Serafim ME (2014) Plant-available soil water capacity: Estimation methods and implications. Rev Bras Cienc Solo 38(2):464-475
- Silva EC, Nogueira RJMC (2003) Crescimento de quatro espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico em casa-de-vegetação. Rev Ceres 50:203-217
- Silva JA, Silva DB, Junqueira NTV, Andrade LRM (1997) Coleta de sementes, produção e plantio de espécies frutíferas nativas dos cerrados informações exploratórias. Embrapa Cerrados, Planaltina

- Silva RSM (1999) Caracterização de subpopulações de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) do Sudeste de Goiás. Dissertação, Universidade Federal de Goiás
- Souza CC, Oliveira FA, Silva IF, Amorim Neto MS (2000) Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. Rev Bras Eng Agri Amb 4(3):338-342
- Souza ERB, Naves RV, Carneiro IF, Leandro WM, Borges JD (2002) Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições do Cerrado. Rev Bras Frutic 24:491-495
- Stefanello MEA, Cervi AC, Wisniewski A, Simionatto EL (2006) Oleo essencial de *Gochnatia polymorpha* (Less) Cabr. ssp *floccosa* Cabr. Quim. Nova 29(5):999-1002. doi:10.1590/S0100-40422006000500021
- Taiz L, Zeiger E (2013) Fisiologia vegetal. 5ª ed. Artmed, Porto Alegre
- Távora FJAF, Ferreira RG, Hernandez FFF (2001) Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. Rev Bras Frutic 23(2):441-446
- Telles MPC, Silva RSM, Chaves LJ, Coelho ASG, Filho JAFD (2001) Divergência entre subpopulações de cagaiteira (*Eugenia dysenterica*) em resposta a padrões edáficos e distribuição espacial. Pesqui Agropecu Bras 36:1387-1394
- Tognon GB, Petry C, Cuquel FL (2012) Response to water deficit of *Ipomoea cairica* (L.) Sweet. Cienc Agrotec 36(3):318-324
- Trouet V, Mukelabai M, Verheyden A, Beeckman H (2012) Cambial growth season of brevi-deciduous *Brachystegia spiciformis* trees from South Central Africa restricted to less than four months. PLoS ONE 7(10) e47364 doi:10.1371/journal.pone.0047364
- Van Genuchten MT (1980) A closed-form equation for pre-dicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci Soc Am J 44:892-898
- Van Genuchten MT, Leij FJ, Yates SR (1991) The RETC Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Version 1.0. Riverside
- Vieira PM, Veronezi E, Silva CR, Chen-Chen L (2012) Detection of genotoxic, cytotoxic, and protective activities of *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae) in Mice. J Med Food 15:1-5
- Villagra PE, Cavagnaro JB (2006) Water stress effects on the seedling growth of *Prosopis argentina* and *Prosopis alata*. J Arid Environ 64:390-400

ARTIGO 2

RESPOSTA FOTOSSINTÉTICA, CLOROFILA E TRANSPIRAÇÃO DE CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) EM FUNÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO

RESUMO

Objetivos A compreensão do mecanismo fisiológico associado com a resistência à seca para *E. dysenterica* DC., em seus primeiros estágios fenológicos poderá ser uma ferramenta útil para programas de incentivo e difusão do seu cultivo no futuro. Diante da ausência de estudos sobre a resposta da transpiração e fotossíntese ao conteúdo de água no solo, para a cagaiteira, o objetivo deste trabalho foi estudar o comportamento fisiológico e determinar a umidade crítica do solo para plantas matrizes desta espécie, submetidas à diferentes condições de déficit hídrico no solo.

Métodos O experimento foi realizado em casa de vegetação com ambiente controlado, conduzido durante 120 dias no delineamento em blocos casualizados (DBC), em arranjo fatorial duplo 2x5, correspondendo a duas plantas matrizes de cagaiteira e cinco condições hídricas. Foram avaliados o crescimento radicular e de parte aérea, os teores de clorofila, a fotossíntese e a transpiração destas plantas. Para a obtenção da umidade crítica do solo (θ_c), aplicou-se regressão não linear com uso de modelo logístico e determinou-se o ponto de inflexão do modelo como valor de θ_c .

Resultados O déficit hídrico mais severo, proporcionado pela condição hídrica de 51% da CP, reduziu o crescimento de parte aérea os teores de clorofila e aumentou o comprimento radicular por massa vegetal das plantas. O aumento do déficit teve efeitos negativos em todas variáveis transpiratórias, sendo o fluxo de água na planta reduzido com a menor condutância estomática e conseqüentemente uma menor taxa de assimilação de CO₂ obtida. Não houve correlação entre a taxa de fotossíntese líquida e a radiação fotossinteticamente ativa. A umidade crítica do solo para a cagaiteira se encontra acima do ponto de murcha permanente.

Conclusões As plantas de cagaiteira responderam fisiologicamente ao aumento do déficit hídrico no solo, tendo seus fluxos transpiratórios reduzidos e abaixo do potencial quando estas se encontraram no limite crítico de água no solo.

Palavras-chave: Cerrado, Déficit hídrico, IRGA, Transpiração relativa, Umidade crítica e Capacidade de Pote.

Agradecimentos Esta pesquisa faz parte do projeto aprovado no Edital 01/2015, da Demanda Universal da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG). Os autores gostariam de agradecer à Universidade Federal de São João Del Rei - Campus Sete Lagoas (UFSJ-CSL) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), pela infraestrutura oferecida e também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de mestrado concedida ao primeiro autor.

PHOTOSYNTHETIC RESPONSE, CHLOROPHYLL AND TRANSPIRATION OF CAGAITEIRA (*Eugenia dysenterica* DC.) IN RELATION TO THE SOIL WATER CONTENT

ABSTRACT

Objectives Understanding of the physiological mechanism associated with drought resistance for *E. dysenterica* DC., in their first phenological stages can be a useful tool for incentive and dissemination programs of its cultivation in the future. Due to the absence of studies about the response of transpiration and photosynthesis to soil water content for cagaiteira, the purpose of this work was to study the physiological behavior and to determine the critical soil moisture for mother plants of this specie, under different conditions of soil water deficit.

Methods The experiment was realized in a greenhouse with controlled environment, conducted for 120 days in a randomized block design (RBD), in factorial arrangement 2x5, corresponding to two mother plants of cagaiteira and five treatments of water conditions. We evaluated the root and shoot growth, chlorophyll content, photosynthesis and transpiration of these plants. To obtain the critical soil moisture (θ_C), it was applied non-linear regression using the logistic model and determined the inflection point of the model as θ_C value.

Results The most severe water deficit, provided by the condition of 51% of CP (PMP), reduced shoot growth and chlorophyll content and increased the root length per plant mass of cagaiteira plants. The increase of the deficit had negative effects on all transpiration variables. The plant water flow was reduced because of lower stomatal conductance and consequently a lower uptake rate of CO₂ was obtained. There was no correlation between net photosynthesis rate and photosynthetically active radiation. The critical soil moisture for cagaiteira is above the permanent wilting point.

Conclusions The cagaiteira plants respond physiologically to the increased soil water deficit, The transpiration flows were reduced and stayed below their potential when the plants were in the critical soil water limit.

Keywords: Cerrado, Water deficit, IRGA, Relative transpiration, Critical moisture and Pot capacity.

Introdução

A cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.) é uma frutífera nativa do cerrado brasileiro pertencente à família *Myrtaceae*. Ela produz frutos com aroma e sabor que atraem o consumidor e destaca-se por ser uma árvore corticeira, tanífera, melífera e ornamental (Jorge et al. 2010; Oliveira et al. 2011; Ribeiro et al. 2008; Vieira et al. 2012), com ocorrência mais comum nas áreas de Cerrado restrito e Cerradão (Naves et al. 2002). A espécie tem sido comercializada regionalmente com razoável sucesso e é considerada uma planta de uso múltiplo por ter utilidade alimentar e medicinal, sendo uma opção para consumo próprio e/ou renda adicional para os produtores (Ribeiro et al. 2008; Telles et al. 2001). Seus frutos são consumidos, em sua maioria, em forma de polpa, geleia e sorvete. Quando ingeridos em maiores quantidades *in natura*, têm ação laxante (Brasil 2008; Duboc e Guerrini 2007). Porém, mesmo tendo grande importância e reconhecido potencial, são escassos os trabalhos na literatura para esta espécie quanto à determinação de parâmetros fisiológicos submetidos às condições climáticas do Cerrado.

O clima da região abrangida pelo Cerrado é marcado pela sazonalidade na precipitação e temperatura ao longo do ano, com 1500 mm médios anuais e 22°C a 27°C de temperaturas médias anuais, respectivamente (Callado et al. 2013; Gottsberger and Silberbauer-Gottsberger 2006; Silva et al. 2001). É caracterizado por dois períodos climáticos: um quente e úmido (estação chuvosa de setembro a abril) e outro frio e seco (estação seca de maio a agosto) (Eitem 1993; Gottsberger and Silberbauer-Gottsberger 2006). Durante a estiagem ocorrem incêndios frequentes e o solo está sujeito a um déficit hídrico sazonal nas camadas superficiais (Bucci et al. 2008; Franco et al. 2005), fator limitante para o crescimento de algumas espécies.

Devido às características climáticas do Cerrado, *E. dysenterica* evoluiu de forma a adaptar-se às tais condições, com estratégias fenológicas que conferem resistência à estação seca tais como: dentre estas a queda de folhas velhas e renovação de folhagem no início da estação chuvosa; o florescimento entre agosto e outubro e a frutificação entre setembro e novembro (Brasil 2008; Naves 1999; Naves et al. 2002; Oliveira et al. 2011). Para que não haja o impedimento natural da germinação, o teor de água no solo não pode ser baixo durante os meses iniciais da estação chuvosa (Martinotto et al. 2007; Rizzini 1971). Portanto, sem a ocorrência de veranicos entre março e abril, plantas novas de cagaiteira são encontradas em volta das plantas mães no mês de março, tendo a germinação natural das sementes ocorrido entre dezembro e janeiro (Franco et al. 2005; Souza et al. 2002). Além disso, algumas adaptações anatômicas foram observadas para a cagaiteira e para outras espécies do gênero *Eugenia*, como a presença de estômatos na face abaxial e cutícula espessa na face adaxial (Donato e De Morretes 2007; Esposito-Polesi et al. 2011; Gomes et al. 2009), com a finalidade de reduzir o processo transpiratório, proteger-se do calor e economizar a perda de água.

Além da demanda hídrica das plantas em regiões com sazonalidade climática, o excesso ou falta de radiação solar também é um dos fatores que limitam o crescimento vegetal, pois a energia luminosa é capaz de transformar o CO₂ atmosférico em energia metabólica através do processo de fotossíntese (Taiz e Zeiger 2013). A quantificação dos teores de clorofila e da fotossíntese podem determinar o estado fisiológico e nutricional das plantas, de modo a identificar o nível de estresse de determinado vegetal ou cultura agrícola (Casaroli e Van Lier 2015, Wang et al. 2016). Diante do exposto, a folha é considerada um dos principais órgãos vegetais com diversas funções como: a troca gasosa entre planta e ambiente; o processo de transpiração e a realização da fotossíntese (Casaroli e Van Lier 2015; Pereira et al. 1997). O processo fotossintético está interligado com a disponibilidade hídrica do solo para as plantas, uma vez que a água, além de ser componente básico da reação, também é

responsável pela manutenção da turgescência foliar (Larcher 2006) e do processo transpiratório, essencial para a permeabilidade do gás carbônico no mesófilo foliar (Buchanan et al. 2000; Wu et al. 2011). Um dos primeiros efeitos do déficit hídrico nas plantas vasculares é o fechamento dos estômatos em resposta a um decréscimo no potencial hídrico foliar (Casaroli e Van Lier 2015; Oliveira et al. 2002; Taiz e Zeiger 2013). Em geral, sob deficiência hídrica, a taxa de fotossíntese deixa de ser potencial, tornando-se deplecionada, devido à limitação das trocas gasosas e em resposta a um teor de água no solo limitante ou crítico para o crescimento vegetal (Casaroli e Van Lier 2015; Sutka et al. 2016; Wang et al. 2016).

A partir das conclusões de Taylor (1952), foi adotado o conceito de umidade crítica (θ_c), definida como o limite inferior de água no solo, em substituição ao uso do PMP (Ponto de Murcha Permanente) - limite inferior clássico de água no solo disponível para as plantas - onde a água não está disponível para absorção pelas raízes. A umidade crítica foi conceituada como o valor de umidade do solo abaixo do qual há redução na abertura estomática e como consequência, menor crescimento da cultura devido a diminuição na taxa de transpiração, ocasionada pelo estresse hídrico (Taylor, 1952; Thornthwaite & Mather, 1955). De acordo com Allen et al., (1998), abaixo deste limite (θ_c), a planta não consegue atender sua demanda transpirativa e passa a agir sob condição de estresse hídrico. Os principais efeitos colaterais da condição de umidade crítica são a redução da fotossíntese, devido à diminuição das taxas de absorção de CO_2 , causando redução no crescimento vegetal (Casaroli e Van Lier 2015; Van Lier 2010, Wang et al. 2016) e a taxa de transpiração atual ficar abaixo da transpiração potencial, devido ao fechamento estomático (Girona et al. 2002; Wu et al. 2011).

Em estudos com diversas culturas e texturas de solos, Bielorai (1973) e Ritchie (1981) descobriram que os processos fisiológicos foram ótimos apenas quando o conteúdo de água no solo estava entre o θ_{CC} (teor de água na capacidade de campo) e um valor crítico de conteúdo de água no solo (θ_c) e que abaixo deste limite a produtividade decresce linearmente com o conteúdo de água. O conceito de umidade crítica para descrever o efeito do teor de água no solo na produtividade de determinada cultura e nos processos fisiológicos como a fotossíntese, tem sido extensivamente aplicado na literatura (Casadebaig et al. 2008; Davatgar et al. 2009; Girona et al. 2002; Masinde et al. 2006; Sinclair et al. 1998; Wu et al. 2011). Entretanto, não existem estudos sobre o comportamento desta frutífera, quanto à sua resposta fisiológica nos estágios iniciais de crescimento, quando submetida a diferentes regimes hídricos.

Ao monitorar a transpiração diária e avaliar as taxas fotossintéticas em diferentes condições hídricas, as plantas de *E. dysenterica* DC., poderiam promover mudanças nas características fisiológicas, associadas a estratégias de resposta ao déficit hídrico, tais como; menor condutância estomática; menor assimilação de CO_2 ; menor produção de clorofila; redução da fotossíntese líquida e redução da transpiração. A estimativa do conteúdo de água crítico no solo (θ_c) para *E. dysenterica* DC., oferece uma oportunidade única para compreender os mecanismos fisiológicos desta espécie em períodos de seca ou estiagem prolongada na natureza, como consequência da sua perpetuação no bioma Cerrado.

As hipóteses para este estudo são: (1) plantas em condições mais hidratadas teriam um maior teor de clorofila nas folhas em relação àquelas mantidas em condições hídricas mais desfavoráveis; (2) plantas cultivadas sem limitação hídrica, na capacidade de pote (CP), teriam maior crescimento médio em altura, maiores taxas de transpiração diária média e acumulada média e maior coeficiente de transpiração em comparação com as plantas conduzidas em condições com algum nível de déficit hídrico; (3) a umidade crítica para a cagaiteira em estágios iniciais estaria acima do conteúdo de água no PMP, tido como fisiologicamente restritivo e (4) para os maiores

fluxos transpiratórios das plantas tem-se maior investimento em parte aérea e menor investimento em comprimento radicular.

Neste trabalho são apresentados os resultados de um experimento em casa de vegetação, em que plantas de duas matrizes de *E. dysenterica* DC., oriundas da região de Cerrado do estado de Minas Gerais, foram cultivadas em cinco tratamentos de condições hídricas. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar como estas diferentes condições de disponibilidade de água no solo afetaram as características fisiológicas de plantas matrizes desta espécie de Cerrado e determinar a umidade crítica do solo para a cagaiteira.

Material e métodos

Local de estudo e delineamento experimental O experimento foi conduzido na região central do estado de Minas Gerais, Brasil, a 19°28'S, 44°15'W e altitude de 732m, em vaso sob casa de vegetação com ambiente controlado de temperatura e umidade relativa do ar, durante as horas mais quentes do dia, com variação de 25 °C \pm 2 °C e de 65% \pm 5%, respectivamente, sem sistema de irrigação instalado. Devido à presença de um gradiente de umidade no sentido norte-sul no interior da casa de vegetação, propiciado pelas placas de umidificação (norte) e pelo exaustor (sul) para reduzir possíveis influências do ambiente no crescimento das plantas, o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados (DBC). Adotou-se um arranjo fatorial 2x5, correspondendo a duas plantas matrizes e cinco tratamentos de condições hídricas a saber: controle (sem déficit), mantida a 100% da capacidade de pote (CP); 85% da CP; 70% da CP; 55% da CP e ponto de murcha permanente (PMP) (51% da CP), respectivamente, com quatro repetições para cada tratamento. Foi estabelecido o intervalo fixo de 15% da CP de um tratamento hídrico para outro, admitindo que o menor valor atribuído (55% da CP) fosse superior ao conteúdo de água no ponto de murcha permanente (PMP), o qual foi previamente conhecido pela determinação da curva de retenção de água no solo em trabalho prévio (Campos et al. 2015). Foram utilizadas 40 parcelas experimentais e quatro vasos de polietileno por parcela, preenchidos com 3,5 kg de solo e contendo uma muda de cagaiteira por vaso, totalizando 160 unidades amostrais.

Plantas matrizes e local de coleta Durante o período de frutificação (outubro), frutos maduros de duas plantas matrizes de *E. dysenterica* DC., provenientes do mesmo local do estudo, foram coletados e despolpados manualmente e suas sementes lavadas em água e colocadas para secar à sombra. As plantas foram obtidas sexuadamente através da sementeira em tubetes de 290 cm³, em 14/10/2014, contendo substrato turfoso e mantidas com irrigação intermitente em um viveiro de mudas.

Solo e experimento em casa de vegetação A emergência ocorreu 42 dias após a sementeira (42° DAS), em 25/11/2014. Dois meses após a emergência das plântulas (60° DAE), em 25/01/2015, foi feito o transplântio das mudas para os vasos de plástico com quatro furos basais, contendo 3,5 kg de solo Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (Embrapa 2013) unidade pedológica representativa da região de Cerrado, coletado a uma profundidade de 0-20 cm, procedente do local de estudo.

Com a finalidade de reduzir a relação Ca/Mg do solo que se encontrava além dos limites aceitáveis, foi realizada a correção de magnésio no solo (15/02/2015) fornecendo 48,6 mg de Mg dm⁻³ de solo, com aplicação de sulfato de magnésio (MgSO₄). Também foram feitas duas adubações de cobertura, respectivamente, aos 125 e 175 DAT (dias após o transplântio), em 07/06/2015 e 28/07/2015, utilizando solução nutritiva de Castellane e Araújo (1995), sendo o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva monitorados conforme a indicação de Távora et al. (2001) para mudas de mirtáceas.

Determinação das condições hídricas A diferenciação dos tratamentos hídricos na casa de vegetação com ambiente controlado foi realizada após 90 dias de aclimação (150° DAE) e de manutenção das plantas na CP, dando início ao período experimental que compreendeu 120 dias (do 150° ao 270° DAE), de 27/04/2015 a 25/08/2015.

A capacidade de pote (CP) é um método direto de determinação da capacidade de campo (CC) para experimentos com plantios em vasos, representando uma condição hídrica do solo em que não há limitações de disponibilidade de água para a planta, que foi proposta e aqui determinada segundo Souza et al. (2000). Sendo esta adotada como o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e consequente ação da gravidade, até o cessamento da drenagem em vasos. Para a determinação da CP foram utilizados quatro vasos, considerando a equação a seguir:

$$MU_{CP} = MS \times (1 + U_{CP}), \quad (1)$$

onde, MU_{CP} é a massa úmida na CP obtida pela média das pesagens dos quatro vasos, em Kg, segundo Souza et al. (2000); MS é a massa seca, em Kg, estimada para os vasos ($N=160$) e U_{CP} é a umidade do solo na CP, em $g\ g^{-1}$, obtida em laboratório, pelo método gravimétrico padrão de estufa (Embrapa 2011). Após a estimativa da massa seca, o peso de cada vaso (MU) em cada tratamento foi definido através da % de umidade da CP (U_{CP}) atribuída a cada tratamento (100%, 85%, 70%, 55% e PMP). Para determinação da U_{CP} , foram coletadas 24 amostras de 50 g de solo dos quatro vasos utilizados na obtenção da CP, sendo que de cada vaso, retirou-se três amostras superficiais e três amostras na região mais profunda. Posteriormente obteve-se em laboratório a U_{CP} , pelo método gravimétrico padrão de estufa (Embrapa 2011), com o valor médio de 0,510 g/g (desvio padrão: 3,653). Para determinação da umidade inicial do solo do experimento, foram utilizadas cinco amostras e aplicado o mesmo método citado anteriormente, com valor médio obtido de 32,42% ou 0,324 g/g (desvio padrão: 0,536).

Para avaliar a resposta da planta a uma condição de déficit hídrico severo, adotou-se como um dos tratamentos a condição hídrica no ponto de murcha permanente (PMP). A umidade no PMP foi estimada em laboratório, por meio do extrator de Richards, utilizando as amostras coletadas do mesmo solo do experimento, através da água retida no potencial hídrico (Ψ) de - 1,5 MPa (Klute 1986). Posteriormente as amostras foram secas em estufa de secagem a 105 °C, para quantificação do conteúdo de água (U), em $g\ g^{-1}$, associado ao Ψ estabelecido para o PMP. Foi determinado o valor de U no PMP de 0,258 $g\ g^{-1}$, correspondente a 51% do teor de água na CP. *Manejo da irrigação* A manutenção dos tratamentos hídricos foi realizada através da pesagem dos vasos em dias alternados e com a reposição do volume da água perdido por evapotranspiração, até atingir a massa correspondente a cada condição hídrica, utilizando-se uma balança de precisão marca Welmy com capacidade para 15 kg e um béquer graduado com capacidade para 0,5 L.

Avaliações biométricas O crescimento das plantas foi avaliado durante todo o período experimental, onde mensalmente foram mensurados a altura da parte aérea (APA) e o diâmetro do caule (colete) (DC, utilizando-se uma régua graduada e um paquímetro digital 150 mm, marca Lee Tools 684132. A primeira avaliação biométrica foi realizada no primeiro dia subsequente à diferenciação dos tratamentos hídricos (28/04/2015). A seguir foram feitas avaliações a cada 30 dias, totalizando cinco. Calculou-se o crescimento médio em altura do 1°-60° dia e do 61°-120° do período experimental.

Avaliações fitotécnicas Ao final do período experimental (25/08/2015), as plantas foram coletadas, separadas em folhas, caule e raiz e aferida a massa verde (MV). Também foi determinada a quantidade de massa de matéria seca (MS) após a secagem em estufa com circulação e renovação de ar (65 °C) durante 72h. O mesmo procedimento

foi aplicado para a matéria seca total (MST), matéria seca foliar (MSF), matéria seca do caule (MSC) e matéria seca radicular (MSR). Calculou-se o comprimento radicular específico (CRE, em $m\ Kg^{-1}$), pela razão entre o comprimento radicular (CR) e a MSR e o comprimento radicular por massa vegetal (CRMV, em $m\ Kg^{-1}$), pela razão entre o CR e a MST (Quintero-Vallejo et al. 2015).

Avaliações fisiológicas Para a caracterização fisiológica das plantas, foi utilizado o analisador de fotossíntese, da marca CID, Inc., modelo CI-340 Handheld Photosynthesis System, onde foram obtidas todas as variáveis fotossintéticas e de transpiração permitidas pelo aparelho, listadas a seguir: radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$; temperatura do ar ambiente (T_{air}), dentro da câmara foliar, em °C; temperatura da folha (T_{leaf}), mensurada pelo sensor de temperatura infravermelho, em °C; quantidade de CO_2 à entrada do analisador (CO_2in), em ppm; quantidade de CO_2 à saída da câmara foliar (CO_2out), em ppm; quantidade de H_2O à entrada do analisador (H_2Oin), em kPa; quantidade de H_2O à saída da câmara foliar (H_2Oout), em kPa; taxa de fotossíntese líquida (P_n), em $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$; taxa de transpiração (E), em $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$; condutância estomática foliar (C), em $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$; umidade relativa à entrada do analisador (RH_{in}), em %; umidade relativa à saída da câmara foliar (RH_{out}), em % e déficit de pressão de vapor (VPD), em kPa. O CI-340 dispõe de alguns parâmetros fixos como: a pressão atmosférica do local de análise (ATM), neste caso, 92,79 kPa; a taxa de fluxo estabelecida para o analisador (FLOW), em $0,30\ L\ min^{-1}$ e a taxa de fluxo de massa (W), pré-definida para $0,30\ mol\ m^{-2}\ s^{-1}$, com variação de $\pm 0,01$.

Foram realizadas quatro leituras por parcela, sendo uma para cada vaso e posteriormente retirou-se a média de cada parcela, totalizando um conjunto de dados de 40 leituras para cada avaliação. Estas foram armazenadas no aparelho e em seguida transferidas para um computador com a respectiva tabulação dos dados em planilha eletrônica. As avaliações ocorreram a cada cinco dias, entre às 9 e 11h, período de maior pico da fotossíntese, totalizando 26 avaliações durante o período experimental de quatro meses.

Medição de clorofila Os teores de clorofila *a*, *b* e total foram estimados através do clorofilômetro da marca Falker, modelo clorofiLOG CFL1030. Foram feitas cinco leituras/planta de cada parcela, totalizando 20 leituras/parcela com uma média final para cada parcela ($n=40$), após 120 dias da diferenciação dos tratamentos hídricos (26/08/2015). Embora sejam métodos rápidos, não destrutivos e passíveis de realização em campo, aparelhos portáteis como o SPAD (Soil Plant Analytical Divison Value) e o ClorofiLog Falker, modelo CFL 1030, Brasil, expressam o conteúdo relativo de clorofilas através de índices próprios, tais como o índice SPAD, que varia de 0 a 99,9 ou o ICF (índice de clorofila de Falker), que varia de 0 a 70, respectivamente (Conforto et al. 2014).

Determinação da evapotranspiração e demais variáveis transpiratórias O coeficiente de transpiração (CT) foi calculado ao final do período experimental em $L\ kg^{-1}$, pela equação (Silva et al. 2004): $CT = (\text{transpiração acumulada da planta}) / (\text{acúmulo de biomassa seca total da planta})$. A transpiração acumulada (TA) foi o somatório das transpirações diárias (TD) no período, obtidas pelo registro das pesagens dos vasos, e o acúmulo da biomassa seca total foi obtido pela pesagem da matéria verde e posterior secagem em estufa (65 °C), até atingir peso constante, tendo assim a matéria seca total (MST) de cada planta (Benincasa 1988; Pinheiro et al. 2014).

O controle em dias alternados de variação da umidade (massa do vaso) foi realizado em 40 vasos pré-definidos, sendo um vaso por parcela experimental, necessário para a obtenção da umidade crítica da cagaiteira. A partir da equação 1, obteve-se o conteúdo de água gravimétrico ($g\ g^{-1}$) para cada intervalo de dias em cada vaso. Este foi convertido para conteúdo de água volumétrico usando a densidade do solo média ($1,03\ g/cm^3$) determinada com todos os vasos ao final do experimento. Para cada intervalo de déficit, o consumo de água foi calculado a

partir do balanço hídrico usando a diferença de massa dos vasos entre o início e o final do intervalo. A partir dos consumos de água calculados obteve-se a taxa de evapotranspiração relativa média (ETR) para cada parcela (n=40), sendo ETR estimada pela divisão da taxa de transpiração diária média de cada vaso (TD) pela taxa de transpiração diária média dos vasos do tratamento controle (n=8), sem limitação hídrica (Wu et al. 2011).

As taxas de evapotranspiração relativa média foram normalizadas, como proposto por Ray e Sinclair (1997), para explicar a mudança causada pelas condições ambientais do experimento e as diferenças nos tamanhos iniciais das plantas entre os tratamentos de condições hídricas adotados, deixando todos os valores entre 0 e 1. A taxa de evapotranspiração relativa média normalizada (ETRN) foi obtida pela divisão da ETR pelo consumo diário médio de cada condição hídrica, correspondente ao consumo diário médio de água de 8 vasos. Para a taxa de transpiração média (E), obtida pelo CI-340, foi feito o mesmo procedimento supracitado para a ETRN, deixando todos os valores entre 0 e 1, obtendo-se assim a taxa de transpiração média normalizada (EN), em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Obtenção da umidade crítica A relação entre ETRN e o conteúdo médio de água no solo (θ) em cada período de pesagem foi avaliado, para o solo do experimento, utilizando as equações de Muchow e Sinclair (1991), Sadras e Milory (1996), Wahbi e Sinclair (2007) e Wu et al. (2011):

$$ETRN = 1.0, \quad \theta > \theta_{c2} \quad (2)$$

$$ETRN = A_2 + (A_1 - A_2) / (1 + (\theta/x_0)^p) \quad \theta \leq \theta_{c2} \quad (3)$$

onde θ é o conteúdo médio de água no solo mensurado para cada parcela; θ_c é o conteúdo crítico de água no solo ou umidade crítica a partir da qual ETRN decresce abruptamente; A_1 , A_2 , X_0 e p são parâmetros do modelo logístico (equação 3) (Wu et al. 2011), responsáveis pela inclinação da porção decrescente da curva abaixo do conteúdo crítico de água no solo. Estes parâmetros da equação 3 foram ajustados utilizando o software Origin, versão 2015. A derivada segunda (y'') deste modelo corresponde ao valor do ponto de inflexão quando a curva tem-se $\theta > 0$ e $y'' < 0$ e quando $\theta < 0$ e $y'' > 0$, sendo este valor de θ no ponto de inflexão encontrado correspondente ao valor de θ_{c2} .

Aplicou-se o mesmo modelo logístico para obter a relação entre a taxa de transpiração média normalizada (EN), através do analisador de fotossíntese CID, Inc., modelo CI-340 e o conteúdo médio de água no solo (θ) do experimento avaliado em cada período de pesagem e posteriormente foi estimado o valor de θ_{c1} , através do ponto de inflexão do modelo.

Após a obtenção da umidade crítica para as duas metodologias aplicadas, pôde-se calcular um parâmetro indicador de eficiência de uso da água pela planta, denominado “p” ou fração da CAD (capacidade total de água disponível na zona radicular, em $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) que a cultura pode extrair da zona radicular sem sofrer redução significativa no fluxo transpirativo. O p foi calculado pela razão entre a água prontamente disponível (APD) com a CAD, ou seja, $p = (\theta_{CP} - \theta_C) / (\theta_{CP} - \theta_{PMP})$ (4), conforme Allen et al. (1998).

Análise estatística Os dados obtidos para as variáveis transpiração diária, transpiração acumulada, coeficiente de transpiração, crescimento médio em altura e para as variáveis de clorofila foram submetidos a regressões lineares com as condições hídricas adotadas no experimento, através da linguagem R, pacote ExpDes (Ferreira et al. 2014). Estimou-se o coeficiente de determinação (R^2) para cada equação linear obtida, com $p < 0,01$. Para as variáveis de clorofila (a , b e total), aplicou-se o teste de médias de Scott-Knott, a 5% de probabilidade para o fator Planta matriz, a fim de verificar diferenças entre as duas plantas matrizes avaliadas com o auxílio da linguagem R, pacote ExpDes (Ferreira et al. 2014).

Também foi feito um estudo aplicando correlações lineares entre as variáveis ambientais, de transpiração

e fotossíntese, fornecidas pelo CI-340 e as variáveis biométricas e fitotécnicas. Na sequência, testou-se a correlação linear entre as variáveis ambientais e da temperatura foliar, fornecidas pelo analisador de fotossíntese CI-340 com a taxa de fotossíntese líquida (P_n), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (C). Em ambas as análises foi obtido o coeficiente de correlação de Pearson (r), considerando significativas as correlações com $p < 0,01$; $p < 0,05$ e $p < 0,10$, através de planilhas eletrônicas.

Após a obtenção da umidade crítica foram feitas correlações e regressões lineares entre a APA na última época (120º dia do período experimental) e a condição hídrica, o conteúdo médio de água no solo (θ), a EN e a ETRN, bem como entre a variável CRMV com a condição hídrica, o θ , a EN e a ETRN. Foi estimado o crescimento máximo de parte aérea e o crescimento radicular para a cagaiteira, sob condição crítica de disponibilidade de água no solo. Obteve-se o coeficiente de determinação (R^2) para cada equação linear, com $p < 0,01$ (Ferreira et al.2014).

Resultados

Fotossíntese

Observa-se pela correlação linear de Pearson entre as variáveis ambientais, de transpiração e de fotossíntese e as variáveis biométricas e de acúmulo de matéria seca que houve correlação positiva ($p < 0,01$) apenas para DC e PAR; CR e C e MSF e C; enquanto que correlação negativa ocorreu apenas para CR e Tleaf e AP e CO₂out (Tabela 1). Diante destes resultados percebe-se a importância da radiação fotossinteticamente ativa no aumento do crescimento radial das plantas de cagaiteira; do maior crescimento radicular e maior acúmulo de massa seca foliar promovido pela maior permeabilidade estomática. Além disso, nota-se que o crescimento radicular e o crescimento de parte aérea são reduzidos, respectivamente, com o aumento da temperatura foliar e com a maior quantidade de CO₂expelido pelo analisador de fotossíntese (Tabela 1).

Pela correlação linear de Pearson das variáveis ambientais e de temperatura foliar com a taxa de fotossíntese líquida (P_n), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (C), observa-se que houve relação tanto positiva (E e PAR; E e Tair; E e Tleaf; C e RHin; C e RHout), quanto negativa (P_n e RHin; E e CO₂out; E e RHin; E e VPD; C e PAR; C e CO₂in; C e VPD; C e Tleaf) entre a interferência do ambiente e da temperatura das folhas analisadas com os processos de transpiração, fotossíntese e de trocas gasosas.

Neste estudo, não houve correlação linear entre a P_n e a PAR (Tabela 2). Entretanto, houve relação positiva entre o processo de transpiração (E) e a condutância estomática foliar (C), salientando a importância dos estômatos das plantas de cagaiteira para o transporte de água até a atmosfera. Para a variável P_n , houve correlação positiva para assimilação de CO₂ (CO₂in) e negativa para o CO₂ expelido pelo analisador (CO₂out), e portanto, dentro do esperado para o processo fotossintético (Tabela 2).

Tabela 1 Correlação linear das variáveis ambientais, de transpiração e de fotossíntese com as variáveis biométricas e fitotécnicas de acúmulo de matéria seca.

	PAR (n=1040)	Tair (n=1040)	Tleaf (n=1040)	CO2in (n=1040)	CO2out (n=1040)	Pn (n=1040)	E (n=1040)	C (n=1040)	RHin (n=1040)	RHout (n=1040)	VPD (n=1040)
AP (n=200)	0.0357	0.0735	0.019	-0.0841	-0.119***	0.0323	0.0217	0.0531	0.00873	0.00148	0.0338
DC (n=200)	0.137***	0.0417	0.0298	0.0146	-0.0887	0.0769	0.107	0.0895	-0.0205	0.00643	0.00161
CR (n=40)	-0.152	-0.16	-0.306***	-0.0494	-0.0587	0.0451	0.0786	0.281***	0.0682	0.0923	-0.262
CRE (n=40)	0.08	-0.159	-0.189	-0.0858	-0.212	0.128	-0.0571	0.0662	0.134	0.146	-0.12
CRMV (n=40)	0.134	-0.144	-0.103	-0.123	-0.244	0.109	-0.0711	-0.0458	0.0357	0.0488	-0.0259
MSF (n=40)	-0.231	-0.0491	-0.228	-0.0196	0.0584	-0.0372	0.0469	0.306***	0.234	0.222	-0.255
MSC (n=40)	-0.112	0.0479	-0.0807	0.0161	0.128	-0.0581	0.116	0.203	0.05	0.0719	-0.129
MSR (n=40)	-0.206	0.0027	-0.0746	0.0159	0.0447	-0.0121	0.0578	0.144	-0.0273	-0.0274	-0.114
MST (n=40)	-0.222	-0.011	-0.134	0.00492	0.06	-0.0257	0.0635	0.216	0.0672	0.0649	-0.172

Coefficientes de correlação de Pearson (r) com p-valor<0,10 (***).

AP: altura de parte aérea; DC: diâmetro do caule; CR: comprimento radicular; CRE: comprimento radicular específico; CRMV: comprimento radicular por massa vegetal; MSF: massa seca foliar; MSC: massa seca do caule; MSR: massa seca radicular; MST: massa seca total; PAR: radiação fotossinteticamente ativa; Tair: temperatura do ar ambiente; Tleaf: temperatura da folha; CO2in: quantidade de CO₂ à entrada do analisador; CO2out: quantidade de CO₂ à saída da câmara foliar; Pn: taxa de fotossíntese líquida; E: taxa de transpiração; C: condutância estomática foliar; RHin: umidade relativa à entrada do analisador; RHout: umidade relativa à saída da câmara foliar; VPD: déficit de pressão de vapor.

Tabela 2 Correlação linear das variáveis ambientais e da temperatura foliar com a taxa de fotossíntese líquida (Pn), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (C).

	E (n=1040)	C (n=1040)	PAR (n=1040)	Tair (n=1040)	CO2in (n=1040)	CO2out (n=1040)	RHin (n=1040)	Rhout (n=1040)	VPD (n=1040)	Tleaf (n=1040)
Pn (n=1040)	0.0297	-0.000888	0.0463	0.0354	0.326*	-0.695*	-0.0573***	-0.0467	0.0248	0.0352
E		0.713*	0.245*	0.189*	-0.0128	-0.0643**	-0.231*	-0.0237	-0.287*	0.205*
C			-0.0852*	-0.00231	-0.0529***	-0.0488	0.213*	0.368*	-0.644*	-0.278*

Coefficientes de correlação de Pearson (r) com p-valor<0,01 (*), <0,05 (**) e <0,10 (***).

Pn: taxa de fotossíntese líquida; E: taxa de transpiração; C: condutância estomática foliar; PAR: radiação fotossinteticamente ativa; Tair: temperatura do ar ambiente; CO2in: quantidade de CO₂ à entrada do analisador; CO2out: quantidade de CO₂ à saída da câmara foliar; RHin: umidade relativa à entrada do analisador; RHout: umidade relativa à saída da câmara foliar; VPD: déficit de pressão de vapor; Tleaf: temperatura da folha.

Teores de clorofila

O déficit hídrico afetou os teores de clorofila *a*, *b* e total, com acréscimo destes, à medida que os níveis de água no solo foram incrementados (Fig. 1); portanto, a hipótese 1 deste estudo foi aceita, onde plantas em condições mais hidratadas teriam um maior teor de clorofila nas folhas em relação àquelas mantidas em condições hídricas mais desfavoráveis. A condição hídrica na capacidade de pote proporcionou os maiores valores para os três tipos de clorofila (Fig. 1), resultado este que pode estar relacionado com o melhor estado nutricional das folhas, proporcionado pela maior disponibilidade de água no solo dos vasos que influi no transporte dos nutrientes às raízes. Deste modo, plantas de cagaiteira em condições de crescimento mais favoráveis não terão seu potencial fotossintético e sua produção primária limitados. O melhor ajuste de regressão ($R^2 = 0,69$) foi obtido para clorofila total e o pior ($R^2 = 0,59$) para clorofila *a* (Fig. 1).

Para este trabalho, adotou-se o uso do clorofilômetro da Falker, e todos os valores obtidos estão dentro do intervalo proposto para o ICF (Fig. 1 e 2).

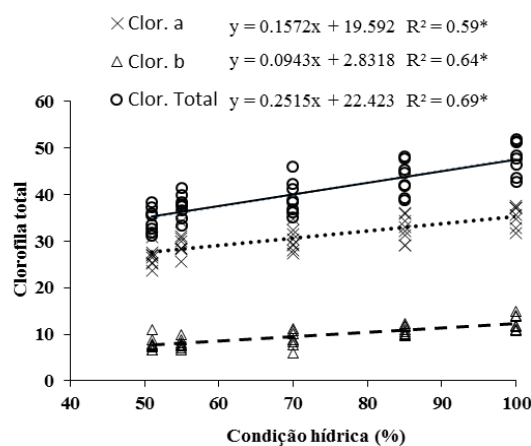


Figura 1 Teor de clorofila *a*, *b* e total de plantas de cagaiteira (*E. dysenterica* DC.), submetidas a 51 (PMP), 55, 70, 85 e 100% da capacidade de pote (CP), obtido após o 120º dia da diferenciação das condições hídricas. (*): p-valor<0,01.

Ao comparar as matrizes, houve diferença estatística para os três tipos de clorofila, com médias sempre superiores para a planta 1 (Fig. 2). Observou-se, em média, uma proporção de aproximadamente 3:1, ou seja, 75% de clorofila *a* e 25% de clorofila *b* na composição do teor de clorofila total (Fig. 2).

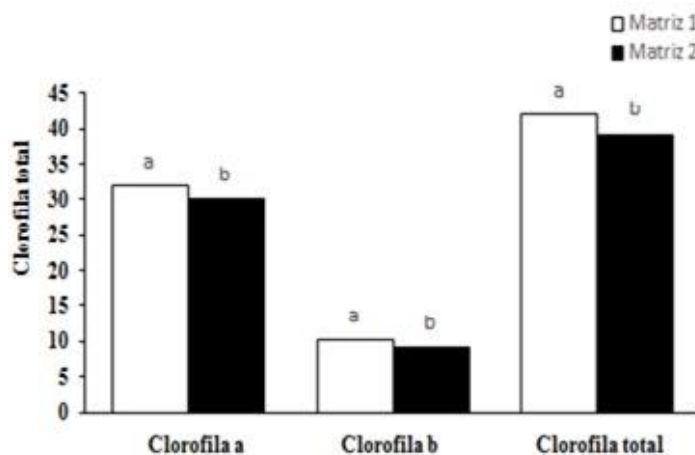


Figura 2 Teor de clorofila *a*, *b* e total da planta 1 (barras brancas) e da planta 2 (barras pretas) de cagaiteira (*E. dysenterica* DC.), submetidas a diferentes níveis de água no solo. As médias seguidas pela mesma letra minúscula para cada variável não diferem entre si, a 5% de significância pelo Teste de Scott-Knott, ao nível de planta.

Transpiração

Observa-se pelo ajuste do modelo de regressão linear que a redução no déficit hídrico aumentou a altura nos dois últimos meses do experimento para as duas plantas matrizes (Fig. 3A) e todas as variáveis de transpiração avaliadas (TD, TA e CT) (Fig. 3B, 3C e 3D). Estes resultados confirmaram a hipótese 2 deste estudo, plantas cultivadas sem limitação hídrica, na capacidade de pote (CP), teriam maiores taxas de transpiração diária média, acumulada média, crescimento médio em altura e coeficiente de transpiração em comparação com as plantas conduzidas em condições com algum nível de déficit hídrico.

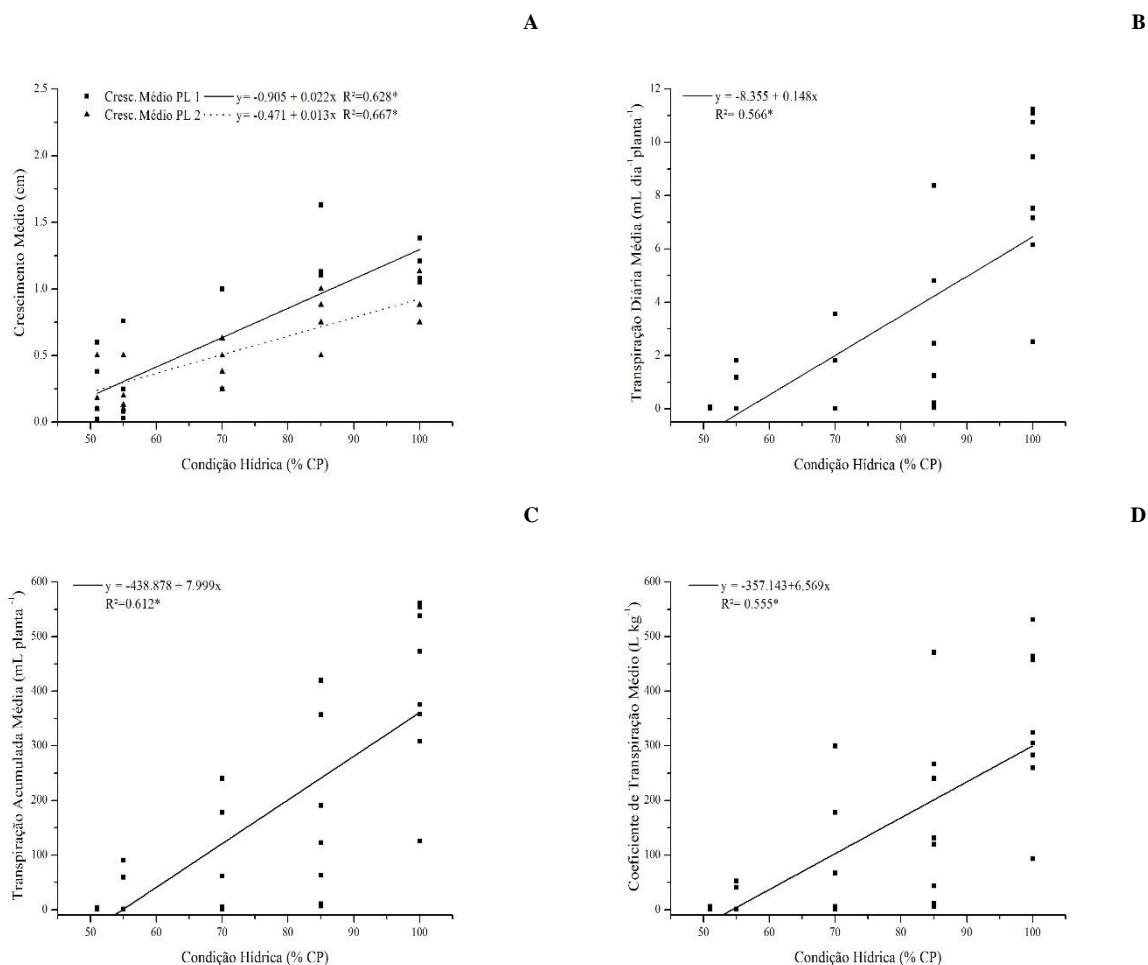


Figura 3 Crescimento médio em altura (cm) do 60^o-120^o dia do período experimental da planta 1 (quadrado) e da planta 2 (triângulo) (A), transpiração diária média (mL dia⁻¹ planta⁻¹) (B), transpiração acumulada média (mL planta⁻¹) (C) e coeficiente de transpiração médio (L Kg⁻¹) (D) de plantas de cagaiteira (*E. dysenterica* DC.), submetidas a 51 (PMP), 55, 70, 85 e 100% da capacidade de pote (CP), obtidos após o 120^o dia da diferenciação das condições hídricas. (*): p-valor<0,01.

Os resultados indicaram que a eficiência do uso da água pelas plantas de *E. dysenterica* DC. foram maiores para as plantas conduzidas nos tratamentos 85% da CP e controle, com maiores acúmulos de transpiração (mínimo de 100 mL planta⁻¹) e valores de TD entre de 2 e 11,5 mL dia⁻¹ planta⁻¹ (Fig. 3B e 3C). Para o CT, atingiu-se valor máximo de 550 L de água transpirada por Kg de massa seca total produzida pela planta, no tratamento controle.

Umidade crítica

O ajuste do modelo logístico para $\theta \leq \theta_C$ permitiu observar a queda das taxas de transpiração normalizada (Fig. 4A) e evapotranspiração relativa média normalizada (Fig. 4B), respectivamente, em $\theta_{C1} = 0,286 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $\theta_{C2} = 0,306 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. Os valores encontrados de conteúdo médio crítico de água no solo estão acima do PMP ($\theta_{\text{PMP}} = 0,266 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ou 51% da CP). Ambos valores de umidade crítica corroboram a hipótese 3 deste estudo de que a umidade crítica para a cagaiteira em estágios iniciais estaria acima do conteúdo de água no PMP.

Através dos valores obtidos para θ_C , percebe-se que os limites críticos para transpiração de plantas de cagaiteira em estágios iniciais de crescimento situam-se a 54,43% e 58,14% da CP, respectivamente, para a metodologia do analisador de fotossíntese CI-340 e para metodologia do consumo de água calculado a partir do balanço hídrico ($\text{ETR} = \text{TD} / \text{TD}$ tratamento controle). O PMP situou-se próximo dos limites; obtidos; porém sendo inferior para ambas as metodologias aplicadas, demonstrando resistência desta espécie ao déficit hídrico severo no solo. Fato este que possivelmente explica a perpetuação de *E. dysenterica* DC., no bioma Cerrado em anos com incidência de veranicos, onde os conteúdos de água no solo chegam próximo aos limites críticos.

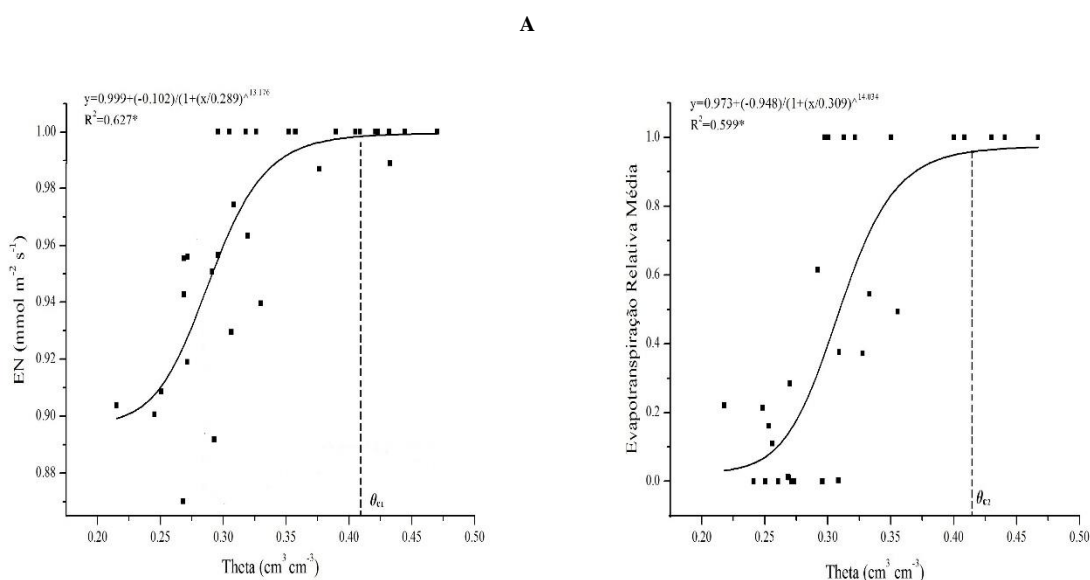


Figura 4 Taxa de transpiração normalizada (EN) ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), obtida pelo analisador de fotossíntese CI-340 (A) e taxa de evapotranspiração relativa média normalizada (ETRN), obtida pela divisão da taxa de evapotranspiração relativa média (ETR) com o consumo diário médio de cada condição hídrica ($n=8$) (B) de plantas de cagaiteira (*E. dysenterica* DC.), em função do conteúdo médio de água no solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). θ_{C1} e θ_{C2} : conteúdo crítico de água no solo para a metodologia 1 e 2, respectivamente (*): p -valor $< 0,01$.

Através da equação 4, obteve-se $p = 0,922$ e $p = 0,847$, respectivamente, para a metodologia do analisador de fotossíntese CI-340 e para a metodologia do consumo de água calculado a partir do balanço hídrico ($\text{ETR} = \text{TD} / \text{TD}$ tratamento controle). Estes resultados obtidos para “ p ” demonstram que a cagaiteira em estágio inicial de crescimento extrai grande parte da CAD (acima de 84%) sem reduzir sua evapotranspiração potencial, sendo uma estratégia importante para evitar estresse hídrico durante períodos sem ocorrência de precipitação.

Observa-se pela correlação linear de Pearson entre as variáveis APA e CRMV com a condição hídrica, o θ , a EN e a ETRN que houve melhores ajustes entre APA e condição hídrica (Fig. 5A), com $R^2 = 0,953$ e entre APA e ETRN (Fig. 5G), com $R^2 = 0,881$, ambos com comportamento linear crescente.

Os ajustes obtidos entre a variável CRMV com as demais variáveis não apresentaram altos coeficientes

de determinação (Fig. 5B, 5D, 5F e 5H), possivelmente devido à grande variação entre os tratamentos quanto ao crescimento radicular, sendo que esta pode ser explicada pela forma de condução do experimento, com limitação do crescimento das raízes em detrimento do volume definido do vaso (Markesteyn e Poorter 2009).

Apesar de o ajuste ser relativamente baixo, percebe-se pela Fig. 5B que o CRMV apresenta comportamento linear decrescente à medida que a disponibilidade de água no vaso é aumentada, confirmando uma das estratégias dos vegetais quando estão sob condição de déficit hídrico no solo, isto é, maior investimento em raiz com acúmulo de reservas armazenadas nestes tecidos e menor investimento em parte aérea (Fig. 5A e 5B).

Pelos ajustes realizados, observa-se nas Fig. 5C e 5D, respectivamente, que o crescimento máximo de parte aérea estimado para o θ_{C1} e θ_{C2} foi de aproximadamente 0,0686 m e 0,0711 m e que o comprimento radicular por massa vegetal estimado para θ_{C1} e θ_{C2} foi de aproximadamente 714,921 m Kg⁻¹ de MS e 687,887 m Kg⁻¹ de MS, após 120 dias da diferenciação das condições hídricas, ou 270° DAE.

Ao avaliar as Fig. 5E, 5F, 5G e 5H, percebe-se o comportamento antagônico entre a APA e o CRMV quanto à transpiração obtida por ambas as metodologias (EN e ETRN), ou seja, para os maiores fluxos transpiratórios tem-se maiores valores de APA e menores valores de CRMV, confirmando a hipótese 4 deste trabalho. Quando são comparados os ajustes das duas metodologias, seja para APA ou para CRMV, constata-se maiores valores de R² para a segunda metodologia (ETRN), indicando a maior acurácia desta em relação à primeira (Fig. 5G e 5H).

Esta análise comprova a relação positiva entre o processo de transpiração (E) e a condutância estomática foliar (C) (Tabela 2), onde a abertura dos estômatos favorece o transporte de água via xilema da planta para a atmosfera e conseqüentemente favorece as trocas gasosas e maior ganho de carbono investido em crescimento aéreo do próprio vegetal. O CRMV torna-se maior em baixas taxas transpiratórias devido à falta de água disponível no solo e, como consequência, um maior investimento em raízes por massa seca total da planta é realizado na tentativa de absorver água.

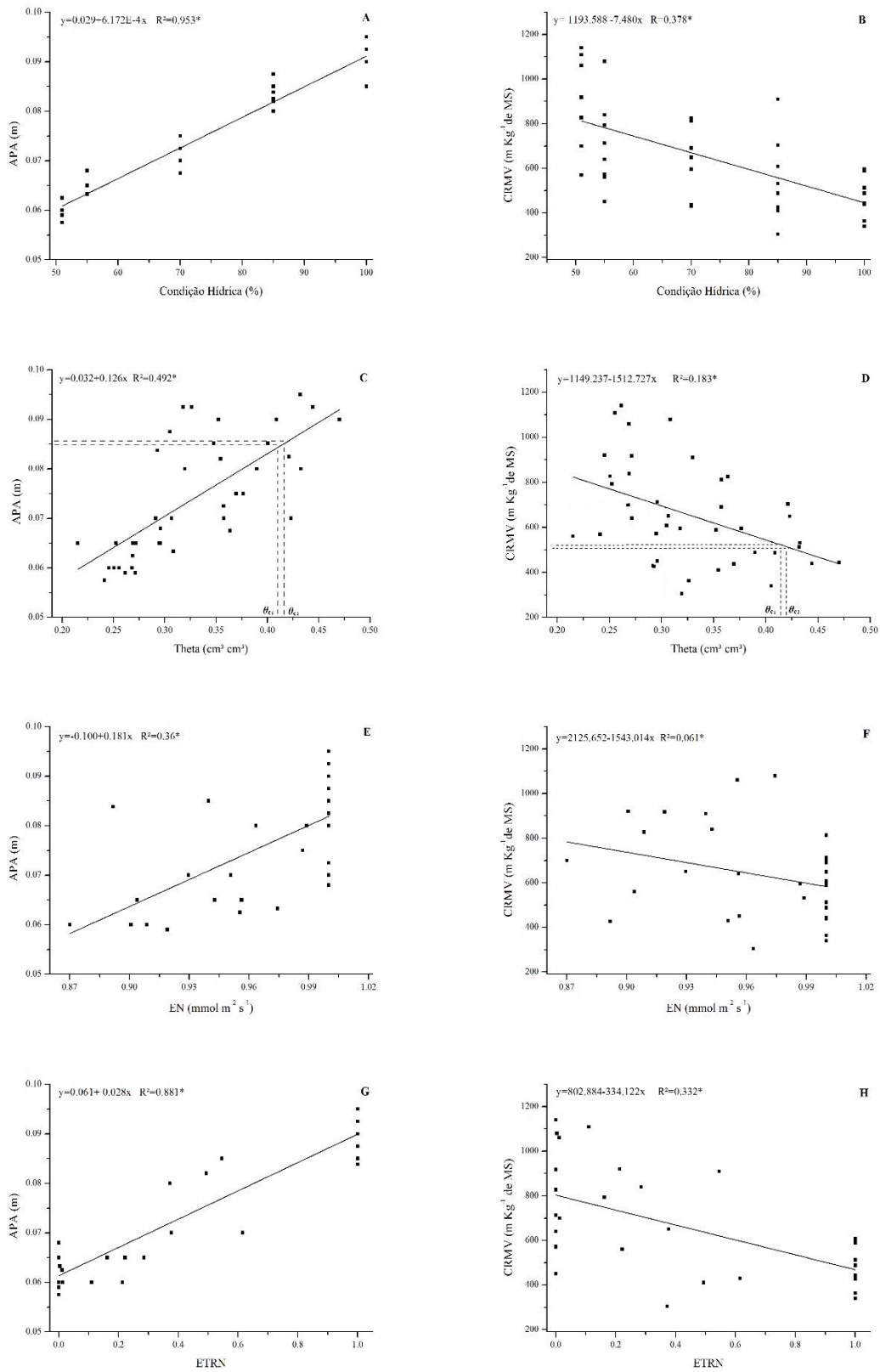


Figura 5 Altura de parte aérea (m) e crescimento radicular por massa vegetal ($m\text{ Kg}^{-1}$ de MS) em função da condição hídrica (%) (A e B), do conteúdo médio de água no solo (θ) em $\text{cm}^3\text{ cm}^{-3}$ (C e D), da taxa de transpiração normalizada (EN) em $\text{mmol m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ (E e F) e da taxa de evapotranspiração normalizada (ETRN) (G e H), obtidos após o 120º dia da diferenciação das condições hídricas. θ_{C1} e θ_{C2} : conteúdo crítico de água no solo para a metodologia 1 e 2, respectivamente (*): p-valor<0,01.

Discussão

Fotossíntese

Observa-se que os parâmetros foliares podem ser importantes para compreender o comportamento fisiológico desta espécie de Cerrado quanto ao seu crescimento radicular e aéreo, sendo que ambos decrescem, respectivamente quando a temperatura foliar e a taxa respiratória aumentam com o excesso de luz, fato este que pode explicar as correlações negativas entre CR e Tleaf e AP e CO₂out (Tabela 1) e entre C e Tleaf (Tabela 2). As taxas de assimilação máxima de carbono são reduzidas significativamente devido à diminuição da condutância estomática que pode ser afetada pelo aumento da exposição direta ao sol de algumas espécies arbóreas jovens e consequentemente pelo aumento da temperatura foliar (Franck e Vaast 2009).

A irradiância é um dos principais fatores ambientais necessários para o crescimento e produção primária das plantas (Rodríguez-Calcerrada et al. 2008). Segundo Gonçalves et al. (2012) plantas expostas a pleno sol quase sempre exibem maiores fluxos transpiratórios e desenvolvem maiores e eficientes sistemas radiculares; por isso, elas necessitam de sistemas vasculares preponderantes que irão favorecer o crescimento radial. Assim como no trabalho realizado por Wang et al. (2016), a E obteve correlação positiva com a PAR e a Tair, demonstrando a influência da temperatura do ambiente e da radiação solar no aumento da atividade transpiratória dos vegetais.

Nota-se que não houve correlação linear entre a Pn e a PAR (Tabela 2), diferente do observado em outros estudos com outras espécies arbóreas (Gonçalves et al. 2012; Wang et al. 2016). Este resultado demonstrou que não houve diferença significativa entre as taxas fotossintéticas e a irradiância para a espécie *E. dysenterica* DC., independentemente da época e da condição hídrica analisada. Este fato pode ser intrínseco ao gênero *Eugenia* que apresenta adaptações anatômicas como a presença de estômatos na face abaxial e cutícula espessa na face adaxial (Esposito-Polesi et al. 2011; Gomes et al. 2009), com finalidade de reduzir a taxa transpiratória e proteger do calor.

Quanto à C houve correlação negativa com a variável PAR (Tabela 2); no entanto que outros autores encontraram correlação positiva entre as duas variáveis (Casaroli e Van Lier 2015; Gonçalves et al. 2012; Wang et al. 2016). Plantas tolerantes à alta luminosidade desenvolvem mecanismos para não inviabilizar o funcionamento celular desta forma preservam as propriedades físico-químicas e a organização funcional das membranas dos tilacóides (Quiles e Lopes 2004).

Ao analisar a Tabela 2, nota-se a correlação positiva entre o processo de transpiração (E) e a condutância estomática foliar (C), sendo que o efeito da deficiência hídrica causa redução na condutância estomática e consequentemente nas taxas de transpiração, devido ao fechamento estomático e a queda do potencial hídrico foliar (Oliveira et al. 2002). As correlações negativas entre E e DPV e C e DPV observadas na Tabela 2 sugerem que o fechamento parcial dos estômatos, em *E. dysenterica* DC., em resposta ao aumento do DPV e da temperatura, é uma adaptação evolutiva para conservar água, principalmente em regiões onde há alta demanda atmosférica (El-Sharkawy 2004; Syvertsen e Lloyd 1994; Oliveira et al. 2002).

Produção de clorofila

A pigmentação foliar pode estar diretamente relacionada com o estresse fisiológico, havendo incremento na concentração de carotenoides em situações de déficit hídrico e redução de clorofila durante a senescência foliar (Hernandez-Clemente et al. 2014; Larcher 2006). Um estudo realizado com estresse salino em mudas de pitangueira, *Eugenia Uniflora* L., revelou uma diminuição dos pigmentos fotossintéticos quando o estresse ocorreu

em curto prazo; todavia, em longo prazo gerou aumento dos mesmos (Marques et al. 2011). Além disso, muito do nitrogênio foliar é incorporado à molécula de clorofila, de forma que sua quantificação pode estar correlacionada com o estado nutricional da planta (Conforto et al. 2014; Zarco-Tejada et al. 2016).

Estudos realizados com pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) indicaram que a monitoração com leituras feitas por clorofilômetro pode ser um meio complementar, rápido e de baixo custo para se estimar importantes eventos fisiológicos nesta espécie (Tucci et al. 2011). Assim sendo, a comparação entre dados fica restrita àqueles obtidos com uso de equipamento similar para a mesma espécie, visto que Brito et al. (2011) recomendaram que as equações empregadas, apesar do modelo de ajuste às vezes ser o mesmo, sejam específicas para cada espécie e equipamento.

Transpiração

Constatou-se pela Figura 3 que o déficit hídrico afetou o processo de crescimento primário das plantas de cagaiteira e conseqüentemente diminuiu todas as taxas transpiratórias registradas durante o período experimental. A planta com deficiência hídrica utiliza o controle do fechamento estomático para aumentar a eficiência do uso da água do solo, um artifício para controlar a desidratação à medida que o déficit de pressão de vapor e a temperatura do ar aumentam ao longo do dia (El-Sharkawy 2004; Medina et al. 1999). Entretanto, deve-se considerar que o volume limitado dos vasos também decresce a transpiração (Ray e Sinclair, 1998) como resultado da redução da área foliar e impedimento do acúmulo de biomassa radicular.

Percebeu-se que o déficit hídrico mais severo no solo dos vasos provocou resultado desfavorável ao crescimento médio em altura de *E. dysenterica* DC., nos dois últimos meses de avaliação, confirmando a sua dependência hídrica, apesar de ser considerada uma espécie resistente à seca (Franco et al. 2005). Isto ocorreu, para maior ganho médio em altura de parte aérea. Em contrapartida, as plantas sem deficiência hídrica tiveram maior crescimento médio em altura no período do 60° ao 120° dia do experimento (Fig. 3A). Tal fato se deu em razão da maior captação de CO₂ pelos estômatos que permaneceram abertos por mais tempo, o que está de acordo com os resultados de trabalhos realizados com outras culturas (El-Sharkawy 2007; Lago et al. 2011; Pinheiro et al. 2014; Silva et al. 2004).

A eficiência do uso da água pelas plantas de *E. dysenterica* DC., estimada pelo coeficiente de transpiração, aumentou à medida que uma quantidade maior de água era fornecida em cada condição hídrica (Fig. 3D). Estes resultados indicam que *E. dysenterica* DC., requer uma grande disponibilidade de água no solo para converter em 1 g de massa seca total (Pinheiro et al. 2014; Silva et al. 2004), quando submetida ao tratamento controle.

Umidade crítica

Pelos resultados obtidos percebe-se que *E. dysenterica* DC., tem como limite crítico de água no solo um valor acima do conteúdo de água no PMP (Fig. 4A e 4B), o que demonstra que, independentemente da resistência hídrica de determinada espécie vegetal, o limite inferior de água disponível no solo é muito restritivo fisiologicamente (Larcher 2006; Taiz e Zeiger 2013).

O conceito de umidade crítica foi adotado para descrever o efeito do teor de água no solo na produtividade de determinada cultura e nos processos fisiológicos como a fotossíntese e o crescimento vegetal (Casaroli e Van Lier 2015; Van Lier 2010, Wang et al. 2016). Neste estudo, a transpiração começou a decrescer em torno de 54,43% e 58,14% da CP, considerando o θ_{C1} e θ_{C2} , respectivamente. Portanto a manutenção do conteúdo de água

no solo acima de 58,14% da CP, valor referente a maior umidade crítica obtida (Fig. 4B), irá resultar em aumento de crescimento e, conseqüentemente, de produtividade das plantas jovens de *E. dysenterica* DC., além de economizar água durante a fase inicial de crescimento.

Observa-se neste estudo e em outros de diferentes autores que variáveis fitotécnicas como altura de parte aérea geralmente correlacionam com transpiração (Novák e Havrila 2006; Pinheiro et al. 2014; Wu et al. 2011). Os resultados apresentados na Fig. 5C, comprovam que abaixo da umidade crítica, com o decréscimo linear do conteúdo de água, a planta sofre com queda de produtividade, expressa em menor crescimento de parte aérea (Fig. 5E e 5G).

Experimentos para avaliar a resposta das plantas à disponibilidade de água no solo têm sido conduzidos em potes, colunas de solo ou parcelas experimentais em campos. Em vista disso, diferentes condições radiculares são criadas, incluindo a temperatura do solo e a eficiência dos nutrientes, as quais podem provocar efeitos significativos na fisiologia vegetal. Vários estudos em potes ou vasos, mesmo em condições de temperatura, água no solo e nutrientes similares às condições de campo, como é o caso deste estudo (Fig. 5B, 5D, 5F e 5H), têm demonstrado que o volume limitado do solo diminui a área foliar, o crescimento de ramos e biomassa radicular (Hurley e Rowarth, 1999; Markesteijn e Poorter 2009) ou a fotossíntese (Casaroli e Van Lier 2015; De Almeida et al. 2016; Ronchi et al. 2006).

Através do resultado obtido da ETRN pela segunda metodologia (Fig. 4B, 5G e 5H) e dos valores encontrados do fator “p”, cabe ressaltar a alta resistência desta espécie à baixa disponibilidade de água no solo, mesmo tratando-se de plantas jovens cultivadas em um experimento em vaso. Além disso, deve ser considerado que o nível de déficit hídrico precisa estar no ponto de inflexão do modelo logístico adotado, ou seja, em um conteúdo de água no solo muito baixo, característico de épocas de veranico e de estação seca e indicador de redução significativa da transpiração, para que o crescimento de parte aérea de plantas jovens de *E. dysenterica* DC. seja prejudicado.

Conclusão

As plantas de cagaiteira responderam fisiologicamente ao aumento do déficit hídrico no solo, sendo que quanto mais severo, mais afeta o crescimento de parte aérea; aumenta as características funcionais da raiz e reduz os pigmentos fotossintéticos. O fluxo transpiratório das plantas de cagaiteira diminui em consequência da menor condutância estomática e deixa de ser potencial no limite crítico de água no solo, obtido pelo modelo logístico aplicado e situado ligeiramente acima do PMP. Apesar de serem comprovadamente resistentes à seca, as plantas jovens de *E. dysenterica* DC., podem ter o crescimento de parte aérea afetado em épocas com baixa disponibilidade hídrica no solo.

Referências

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998) Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop requirements. FAO, Irrigation and Drainage Paper No. 56, Rome, Italy
- Benincasa MMP (1998) Análise de crescimento de plantas. FUNEP, Jaboticabal
- Bielorai H (1973) Prediction of Irrigation Needs. Springer, Berlin
- Brasil (2008) Cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). Boletim Técnico, Lavras
- Brito GG, Sofiatti V, Brandão ZN, Silva VB, Silva FM, Silva DA (2011) Non-destructive analysis of photosynthetic pigments in cotton plants. Acta Sci-Agron 33(4):671-678
- Bucci, SJ, Scholz FG, Goldstein G, Meinzer CF, Franco AC, Zhang Y, Hao G (2008) Water relations and hydraulic architecture in Cerrado trees: adjustments to seasonal changes in water availability and evaporative demand. Braz J Plant Physiol 20(3):233-245
- Buchanan BB, Gruissem W, Jones RL (2000) Biochemistry & molecular biology of plants. American Society of Plant Physiologists, Rockville
- Callado CH, Roig FA, Tomazello-Filho M, Barros CF (2013) Cambial growth periodicity studies of South American woody species – A review. IAWA J 34:213-230
- Campos MP, Campos PHP, Campos AG, Rezende IF, Silva BM, Rufini JCM (2015) Métodos de determinação do limite superior de água disponível no solo em casa de vegetação. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. SBCS, Natal-RN
- Casadebaig P, Debaeke P, Lecoer J (2008) Thresholds for leaf expansion and transpiration response to soil water deficit in a range of sunflower genotypes. Eur J Agron 28:646-654
- Casaroli D, Van Lier QJ (2015) Resposta fotossintética do feijoeiro em função da intensidade de radiação e do teor de água no solo. Revista de Ciências Agroambientais 13(1):69-75
- Castellane PD, Araújo JAC (1995) Cultivo sem solo: hidroponia. FUNEP, Jaboticabal
- Conforto EC, Cornélio ML, Andreoli RP, Gonçalves ECP (2014) Validação das unidades arbitrárias do teor de clorofilas obtido em folhas intactas de seringueira. Rev Agro@mbiente 8(2):288-292
- Davatgar N, Neishabouri MR, Sepaskhah AR, Soltani A (2009) Physiological and morphological responses of rice (*Oryza sativa* L) to varying water stress management strategies. Int J Plant Prod 3(4):19-32
- De Almeida J, Tezara W, Herrera A (2016) Physiological responses to drought and experimental water deficit and waterlogging of four clones of cacao (*Theobroma cacao* L.) selected for cultivation in Venezuela. Agr Water Manage 171:80-88
- Donato AM, De Morretes BL (2007) Anatomia foliar de *Eugenia brasiliensis* Lam (Myrtaceae) proveniente de áreas de restinga e de floresta. Braz J Pharmacog 17(3):426-443
- Duboc E, Guerrini IA (2007) Desenvolvimento inicial e nutrição da Cagaíta em áreas de cerrado degradado. Embrapa Cerrados, Planaltina
- Eitem G (1993) Vegetação do Cerrado. In: Pinto MN (ed) Cerrado: caracterização ocupação e perspectiva. UNB, Brasília, pp. 17-73
- El-Sharkawy MA (2004) Cassava biology and physiology. Plant Molec Biol 56:481-501

- El-Sharkawy MA (2007) Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments. *Braz J Plant Physiol* 19:257-286
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (2011) Manual de métodos de análises de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos (2013) Sistema brasileiro de classificação de solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro
- Esposito-Polesi NP, Rodrigues RR, Almeida M (2011) Anatomia ecológica da folha de *Eugenia glazioviana* Kiaersk (Myrtaceae). *Rev Arvore* 35(2):255-263
- Ferreira EB, Cavalcanti PP, Nogueira DA (2014) ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Appl Math* 5:2952-2958. doi:10.4236/am.2014.519280
- Franco AC, Bustamante M, Caldas LS, Goldstein G, Meinzer FC, Kozovits AR, Rundel P, Coradin VRT (2005) Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19:326-335
- Franck N, Vaast P (2009) Limitation of coffee leaf photosynthesis by stomatal conductance and light availability under different shade levels. *Trees* 23(4):761-769
- Girona J, Mata M, Fereres E, Goldhamer DA, Cohen M (2002) Evapotranspiration and soil dynamics of peach trees under water deficits. *Agr Water Manage* 54:107-122
- Gomes SM, Somavilla NS, Bezerra KMG, Miranda SDCD, Carvalho PSD, Ribeiro DG (2009) Anatomia foliar de espécies de Myrtaceae: contribuições à taxonomia e filogenia. *Acta Bot Bras* 23(1):223-238
- Gonçalves JFC, Silva CEM, Justino GC, Junior ARN (2012) Effect of light environment on growth of young plants of mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Sci For* 40(95):337-344
- Gottsberger G, Silberbauer-Gottsberger I (2006) Life in the cerrado: origin, structure, dynamics and plant use. Reta Verlag, Ulm
- Hernández Clemente R, Navarro Cerrillo R, Zarco-Tejada PJ (2014) Deriving predictive relationships of carotenoid content at the canopy level in a conifer forest using hyperspectral imagery and model simulation. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* 52(8):5206-5217. doi:10.1109/TGRS.2013.2287304
- Hurley MB, Rowarth JS (1999) Resistance to root growth and changes in the concentrations of ABA within the root and xylem sap during root-restriction stress. *J Exp Bot* 50(335):799-804
- Jorge N, Moreno L DM, Bertanha BJ (2010) *Eugenia Dysenterica* DC: actividad antioxidante, perfil de ácidos grasos y determinación de tocoferoles. *Rev Chil Nut* 37:208-214
- Klute A (1986) Water retention: laboratory methods. In: Black CA (ed) *Methods of Soil Analysis. I. Physical and mineralogical methods*. Madison: American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, pp. 635-662
- Lago I, Streck NA, Bisognin DA, Souza AT, Silva MR (2011) Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. *Pesq Agropec Bras* 46:1415-1423
- Larcher W (2006) *Ecofisiologia vegetal*. Rima, São Carlos
- Marques RP, Freire CS, Nascimento HHCD, Nogueira RJMC (2011) Relações hídricas e produção de pigmentos fotossintéticos em mudas de *Eugenia Uniflora* l. sob condições de salinidade. *Rev Bras Geogr Fis* 4(3):497-509
- Martinotto C, Paiva R, Santos BR, Soares FP, Nogueira RC, Silva AAN (2007) Efeito da escarificação e luminosidade na germinação *in vitro* de sementes de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC.). *Cienc Agrotec* 31(6):1668-1671

- Masinde PW, Stützel H, Agong SG, Fricke A (2006) Plant growth, water relations and transpiration of two species of African nightshade (*Solanum villosum* Mill. Ssp.) Miniatum (Bernh. Ex Willd.) Edmonds and *S. sarrachoides* Sendtn.) under water-limited conditions. *Sci Hortic* 110(1):7-15
- Medina CL, Machado EC, Gomes MMA (1999) Stomatal conductance, transpiration and photosynthesis rates in "Valencia" Orange trees submitted to water stress. *Rev Bras Fisiol Veg* 11(1):29-34
- Muchow RC, Sinclair TR (1991) Water deficit effects on maize yields modelled under current and "greenhouse" climates. *Agron J* 83:1052-1059
- Naves RV (1999) Espécies frutíferas nativas dos cerrados de Goiás: caracterização e influências do clima e dos solos. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Goiás
- Naves RV, Borges JD, Chaves LJ (2002) Capa / A Cagaiteira. *Rev Bras Frutic* 24(2):289-596
- Novák V, Havrila J (2006) Method to estimate the critical soil water content of limited availability for plants. *Biologia* 19:289-293
- Oliveira MAJ, Bovi MLA, Machado EC, Gomes MMA, Habermann G, Rodrigues JD (2002) Fotossíntese, condutância estomática e transpiração em pupunheira sob deficiência hídrica. *Sci Agric* 59(1):59-63
- Oliveira MES, Pantoja L, Duarte WF, Collela CF, Valarelli LT, Schwan RF, Dias DR (2011) Fruit wine produced from cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) by both free and immobilised yeast cell fermentation. *Food Res Int* 44:2391-2400
- Pinheiro DG, Streck NA, Richter GL, Langner JA, Winck JEM, Uhlmann LO, Zanon AJ (2014) Limite crítico de água no solo para transpiração e crescimento foliar em mandioca em dois períodos com deficiência hídrica. *R Bras Ci Solo* 38:1740-1749
- Pereira AR, Villa Nova NA, Sedyama R (1997) Evapotranspiração. FEALQ/ESALQ/USP, Piracicaba
- Quiles MJ, López NI (2004) Photoinhibition of photosystems I and II induced by exposure to high light intensity during oat plant growth: effects on the chloroplast NADH dehydrogenase complex. *Plant Sci* 166(3):815-823
- Quintero-Vallejo E, Peña-Claros M, Bongers F, Toledo M, Poorter L (2015) Effects of Amazonian Dark Earths on growth and leaf nutrient balance of tropical tree seedlings. *Plant Soil* 396(1-2):241-255
- Ray JD, Sinclair TR (1997) Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. *Crop Sci* 37:803-809
- Ray JD, Sinclair TR (1998) The effect of pot size on growth and transpiration of maize and soybean during water deficit stress. *J Exp Bot* 49(325):1381-1386
- Ribeiro JF, Oliveira MC, Gullias APS, Fagg JMF, Aquino FG (2008) Usos múltiplos da Biodiversidade no Bioma Cerrado: estratégia sustentável para a sociedade, o agronegócio e os recursos naturais. In: Faleiro FG, Farias Neto AL (ed) Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. EMBRAPA Cerrados, Planaltina, pp 337-360
- Ritchie JT (1981) Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. *Plant Soil* 58(1-3):81-96
- Rizzini CT (1971) Aspectos ecológicos da regeneração em algumas plantas do Cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 3. São Paulo-SP
- Rodríguez-Calcerrada J, Reich PB, Rosenqvist E, Pardos JA, Cano FJ, Aranda I (2008) Leaf physiological versus morphological acclimation to high-light exposure at different stages of foliar development in oak. *Tree Physiol* 28:761-771

- Ronchi CP, DaMatta FM, Batisa KD, Moraes GABK, Loureiro ME, Ducatti C (2006) Growth and photosynthetic down-regulation in *Coffea Arabica* in response to restricted root volume. *Funct Plant Biol* 33(11):1013-1023
- Sadras VO, Milory SP (1996) Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas Exchange: a review. *Field Crops Res* 47(2-3):253-266
- Silva DB, Silva JA, Junqueira NTV, Andrade LRM (2001) Frutas do Cerrado. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília
- Silva W, Sedyama T, Silva AA, Cardoso AA (2004) Índice de consumo e eficiência do uso da água em eucalipto submetido a diferentes teores de água em convivência com a braquiária. *Floresta* 34:325-335
- Sinclair TR, Hammond LC, Harrison J (1998) Extractable soil water and transpiration rate of soybean on sandy soils. *Agron J* 90(3):363-368
- Souza CC, Oliveira FA, Silva IF, Amorim Neto MS (2000) Avaliação de métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de algodoeiro herbáceo. *Rev Bras Eng Agri Amb* 4(3):338-342
- Souza ERB, Naves RV, Carneiro IF, Leandro WM, Borges JD (2002) Crescimento e sobrevivência de mudas de cagaiteira (*Eugenia dysenterica* DC) nas condições do Cerrado. *Rev Bras Frutic* 24:491-495
- Sutka MR, Manzura ME, Vitali VA, Micheletto S, Amodeo G (2016) Evidence for the involvement of hydraulic root or shoot adjustments as mechanisms underlying water deficit tolerance in two *Sorghum bicolor* genotypes. *J Plant Physiol* 192:13-20. doi:10.1016/j.jplph.2016.01.002 0176-1617
- Syvertsen J, Lloyd JJ (1994) Citrus. In: Schaffer B, Anderson PC (ed) Handbook of environmental physiology of fruits crops. V.II: Sub-tropical and tropical crops. CRC Press, Florida, pp. 65-99
- Taiz L, Zeiger E (2013) Fisiologia vegetal. Artmed, Porto Alegre
- Távora FJAF, Ferreira RG, Hernandez FFF (2001) Crescimento e relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Rev Bras Frutic* 23(2):441-446
- Taylor SA (1952) Use of mean soil moisture tension to evaluate the effect of soil moisture on crop yields. *Soil Sci* 74(3):217-226
- Telles MPC, Silva RSM, Chaves LJ, Coelho ASG, Filho JAFD (2001) Divergência entre subpopulações de cagaiteira (*Eugenia dysenterica*) em resposta a padrões edáficos e distribuição espacial. *Pesqui Agropecu Bras* 36:1387-1394
- Thornthwaite CW, Mather JR (1955) The water balance. *Publ. Clim.* 8
- Tucci MLS, Modolo NME, Machado EC (2011) Gas exchanges in peach palms as a function of the spad chlorophyll meter readings. *Rev Bras Frutic* 33:267-274
- Van Lier QJ (2010) Física do Solo. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, MG
- Vieira PM, Veronezi E, Silva CR, Chen-Chen L (2012) Detection of genotoxic, cytotoxic, and protective activities of *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae) in Mice. *J Med Food* 15:1-5
- Wahbi A, Sinclair TR (2007) Transpiration response of Arabidopsis, maize and soybean to drying of artificial and mineral soil. *Environ Exp Bot* 59(2):188-192
- Wang JY, Gong W, Bao XL, Tang HL, Hu W, Gou GJ (2016) Coupling effects of water and fertilizer on diurnal variation of photosynthesis of *Zanthoxylum bungeanum* Maxim “hanyuan” seedling leaf. *Acta Ecol Sin* 36(5):1321-1330. doi:10.5846/stxb201407051382

Wu Y, Huang M, Gallichand J (2011) Transpirational response to water availability for winter wheat as affected by soil textures. *Agr Water Manage* 98:569-576

Zarco-Tejada PJ, González-Dugo MV, Fereres E (2016) Seasonal stability of chlorophyll fluorescence quantified from airborne hyperspectral imagery as an indicator of net photosynthesis in the context of precision agriculture. *Remote Sens Environ* 179:89-103

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O potencial de utilização da cagaiteira é grande em função do papel agrônômico, ecológico e ambiental que desempenha no Cerrado, e a comercialização dos seus frutos, com ótimas características organolépticas, merece maior destaque na indústria alimentícia. Entretanto, esta espécie ainda é pouco difundida e sua exploração comercial é quase inexistente estando restrita a populações da sua região de ocorrência. Sabe-se, porém, que para desenvolver o cultivo da cagaiteira, são necessários estudos sobre caracterização morfofisiológica de plantas jovens e o comportamento destas em condições de baixa disponibilidade de água no solo; já que esta espécie é endêmica de um bioma caracterizado por período prolongado de estiagem durante a estação seca de outono/inverno.

Os resultados apresentados neste trabalho evidenciaram que é possível a obtenção, via semente, de plantas de cagaiteira cultivadas sob baixa disponibilidade de água no solo, não limitando o conteúdo de água para valores inferiores a 59% da capacidade de campo. Tais resultados servirão como base para novos trabalhos nesta área, com objetivo de estabelecer plantas desta espécie no campo. Mesmo sendo adaptada ao ambiente do Cerrado e considerada “resistente à seca”, esta espécie não tolerou os níveis de água no solo próximos ao ponto de murcha permanente, considerando os estados fenológicos avaliados.

O desenvolvimento do cultivo de *E. dysenterica* DC., que é uma frutífera nativa do Brasil, servirá como fonte de renda alternativa aos pequenos agricultores locais. Contudo, mais trabalhos precisam ser realizados, principalmente sobre a produção de mudas com adequada nutrição e tratos fitotécnicos, e também sobre a avaliação de mudas recém transplantadas no campo, quanto à sua resistência à seca.