



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL - UFMS
Campus de CAMPO GRANDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL
MESTRADO



CAMILA OLIVEIRA MIRANDA

**Manutenção da capacidade de absorção de água de quatro espécies arbóreas de Cerrado
sob baixos potenciais Hídricos**

Campo Grande-MS

Maio

2020

CAMILA OLIVEIRA MIRANDA

Dissertação de mestrado

Manutenção da capacidade de absorção de água de quatro espécies arbóreas de Cerrado sob baixos potenciais Hídricos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal (PPGBV) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Biologia Vegetal.

Orientador: Dr. Valdemir Antônio Laura

Co-orientador: Dra. Silvia Rahe Pereira

Campo Grande-MS

Maio-2020

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente.

Aos meus pais, Josina e Sebastião, deixo um agradecimento especial, por todas as lições de amor, companheirismo, amizade, que vocês me dão a cada novo dia. Sinto-me orgulhosa e privilegiada por ter pais tão especiais. Agradeço ao meu namorado, Anderson, por todo amor, carinho, compreensão e apoio em tantos momentos difíceis desta caminhada. A minha prima Isa por todo carinho e atenção e por assistir minhas apresentações.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Dr. Valdemir Antônio Laura e Professora Dra. Silvia Rahe Pereira, pela oportunidade de realizar este trabalho. Obrigada pela confiança e por me atender com paciência todas as vezes que precisei. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação. Muito obrigada por tudo!

Agradeço a todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da UFMS. Obrigado por todos os ensinamentos dentro e fora de sala de aula. Obrigado a todos da Embrapa Gado de Corte pela infraestrutura para realização do trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof^a Dra. Liana Baptista de Lima, Prof. Dr. Rogério Rodrigues Faria, Prof. Dr. Geraldo Alves Damasceno Junior, Prof^a Dra. Denise Renata Pedrinho e Prof^a. Dra. Andréa Lúcia Teixeira de Souza que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Agradeço a todos os meus colegas do Mestrado em Biologia Vegetal, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos.

Agradeço ao meu colega Diego pela ajuda com as estatísticas e na elaboração dos gráficos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

Introdução geral

As savanas são compostas por formações vegetais de um estrato arbóreo e arbustivo dispersa sobre uma matriz herbácea (Mistry 2000), com um clima tipicamente sazonal com dois períodos bem definidos, um chuvoso e quente, que ocorre aproximadamente por sete meses, e outro seco e relativamente frio com duração de cinco meses com uma vegetação adaptada as queimadas recorrentes (Nimer 1989; Franco 1998). O Domínio Cerrado se destaca entre as outras savanas devido à biodiversidade da flora, com um grande número de espécies endêmicas. O cerrado apresenta altas irradiâncias (1500 a $2500 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), altas temperaturas (25 - 40 °C ao meio-dia) e, na estação seca, 10-20% umidade relativa do ar (Franco 2004). Na estação seca a quantidade de água nas camadas mais superficiais do solo é reduzida (Franco 1998, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva et al. 2003).

A disponibilidade hídrica é um dos fatores ambientais decisivos para a diversidade e produção dos vegetais, sendo capaz de comprometer o desenvolvimento das plantas ou estimular comportamentos adaptativos (Silva et al. 2003). A água é indispensável no desenvolvimento das plantas durante todo o tempo, devido a sua influência no conteúdo celular e no turgor da planta (Taiz e Zeiger 2009). O déficit hídrico pode inibir o crescimento celular e/ou reduzir a taxa fotossintética. A transpiração controla o balanço hídrico das plantas e quando a transpiração excede a absorção o teor de água diminui, proporcionando a queda do potencial hídrico e do turgor das células (Lawlor & Cornic 2002). Resultando no fechamento estomático para diminuir a perda de água, alterando as trocas gasosas impossibilitando a entrada de CO_2 e, assim, diminui a taxa de fotossíntese (Lawlor & Uprety 1993; Silva et al. 2001).

Devido a menor quantidade de água disponível no solo ocorre a desidratação celular, resultando em alterações estruturais e químicas (Kültz, 2005). A síntese da parede celular e de proteínas é sensível ao déficit hídrico, que por consequência acarreta redução na expansão foliar. A diminuição da taxa de crescimento da planta é uma das consequências morfológicas afetadas pelo déficit hídrico, uma vez que o crescimento celular é prejudicado rapidamente (Sadras & Milroy 1996; Nogueira et al. 2005). As espécies de Cerrado geralmente possuem área foliar específica menor do que espécies de florestas úmidas, por outro lado, possuem carboidratos não estruturais, raízes profundas e maior espessura da casca (Hoffmann et al. 2009). Devido a estes mecanismos

estas espécies possuem crescimento mais lento e maior condutância hidráulica por área foliar, permitindo maior eficiência no uso da água (Hoffmann & Franco 2004).

As espécies do Domínio Cerrado apresentam adaptações fisiológicas e comportamento fenológico que são considerados mecanismos que permitem superar o estresse hídrico sazonal (Oliveira 1998). Geralmente, as plantas jovens suportam o sombreamento e o déficit hídrico (Rezende et al. 1998, Salgado et al. 2001, Ronquim et al. 2003), enquanto as plantas adultas dispõem de altos níveis de luz solar e possuem sistema radicular espessados e profundos para alcançar camadas mais profundas do solo que permanecem úmidas ao longo do ano, diminuindo os efeitos do déficit hídrico (Nardoto et al. 1998). As respostas das plantas ao estresse hídrico dependem das características de cada espécie, lugar onde as mesmas ocorrem, velocidade e duração do estresse e estágio de desenvolvimento em que a planta se encontra (Pimentel 2004, Oliveira et al. 2005).

Referências

Franco AC. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology**, 136:69–76.

Hoffmann WA, Adasme R, Haridasan M, Carvalho T, Geiger MEL, Pereira MAB, Gotsch SG, Franco AC. 2009. Tree topkill, not mortality, governs the dynamics of savanna-forest boundaries under frequent fire in central Brazil. **Ecology**, 90:1326–1337.

Kültz D. 2005. Molecular and Evolutionary bases of the cellular stress response. **Annual Review of Physiology**, 67:225–257.

Lawlor DW, Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell and Environment**, 25:275–294.

Lawlor DW, Uprety DC. 1993. The effects of water stress on photosynthesis of crops and the biochemical mechanism. **Springer**, 419–449.

Mistry J. 2000. World savanas: ecology and human use. New York, **Prentice Hall**, 344p.

Nardoto GB, Souza MP, Franco AC. 1998. Estabelecimento e padrões sazonais de produtividade de *Kielmeyera coriacea* (Spr) Mart. nos Cerrados do Planalto Central. **Revista Brasileira de Botânica**, 21:313–319.

Nimer N. 1989. Climatologia do Brasil. **Rio de Janeiro, IBGE**.

Nogueira RJMC, Albuquerque MB, Silva EC. 2005. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. *In*: Nogueira RJMC, Araújo EL, Willadino LG, Cavalcante UMT. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. **UFRPE**, Imprensa Universitária. **22–31**.

Oliveira AD, Fernandes EJ, Rodrigues TJD. 2005. Condutância estomática como indicador de estresse hídrico em Feijão. **Engenharia Agrícola**, 25:86–95.

Oliveira PE. 1998. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies de Cerrado. *In* Cerrado: ambiente e flora (eds.). **Embrapa Cerrados**, 169–192.

Oliveira-Filho AT, Ratter JA. 2002. Vegetation physiognomies and wood flora of the bioma Cerrado. *The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna*, New York: **Columbia University Press**, 91–120.

Pimentel C. 2004. **A relação da água com a planta**. Seropédica: Edur.

Rezende AV, Salgado MAS, Felfili JM, Franco AC, Sousa-Silva JC, Cornachia G, Silva MA. 1998. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Cryptocaria aschersoniana* submetidas a diferentes regimes de luz em cativeiro. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, 2:19–34.

Ronquim C, Prado CH, Paula NF. 2003. Growth and photosynthetic capacity in two woody species of Cerrado vegetation under different radiation availability. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 46:243–252.

Sadras VO, Milroy SP. 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expansion and gas exchange: A review. **Field Crops Research**, 47:253–266.

Salgado MA, Rezende AV, Felfili JM, Franco AC, Sousa-Silva JC. 2001. Crescimento e repartição de biomassa em plântulas de *Copaifera langsdorfii* submetidas a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Brasil Florestal**, 3:13–21.

Silva LA, Scariot A. 2003. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos - GO, Bacia do rio Paranã). **Acta Botanica Brasilica**, 17:307–326.

Taiz L, Zeiger E. 2009. Fisiologia vegetal. 4ª ed. **Artmed**, Porto Alegre 719p.

Déficit hídrico afeta o crescimento vegetativo de plantas arbóreas nativas do domínio Cerrado

Water deficit affects the vegetative growth of native tree plants in the Cerrado Domain

El déficit hídrico afecta el crecimiento vegetativo de las plantas arbóreas nativas en el Dominio Cerrado

Camila Oliveira Miranda^a, Valdemir Antônio Laura^{a,b,c}, Silvia Rahe Pereira^c, Rogério Rodrigues Faria^d

^a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Botânica, Instituto de Biociências, 79.070-900, Campo Grande, MS - Brasil. E-mail: camilaoliveiramiranda20@gmail.com

^b Embrapa Gado de Corte, 79106-550 - Campo Grande, MS – Brasil.

^c Universidade Anhanguera – UNIDERP, 79037-280 - Campo Grande, MS - Brasil.

^d Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana – Aquidauana, MS – Brasil

Resumo

Estudos acerca das características morfológicas de espécies arbóreas nativas adaptadas para ultrapassar diferentes filtros ambientais são fundamentais para conservação de ecossistemas e restauração de áreas degradadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de duas espécies arbóreas do Domínio Cerrado ao estresse hídrico. Especificamente pretendeu-se: 1) analisar estratégias morfológicas de variações nos traços funcionais e 2) verificar sob quais potenciais hídricos durante o estresse as espécies rebrotam após a reidratação. Foram avaliadas as espécies *Guazuma ulmifolia* Lam. e *Sapindus saponaria* L.. O estresse hídrico foi simulado com polietileno glicol 6000 (PEG 6000). No experimento, foi utilizado delineamento em blocos inteiramente casualizados, com 12 repetições por espécie e seis potenciais hídricos: 0,0, -0,4, -0,8, -1,2 -1,6 -2,0 MPa. Os resultados obtidos demonstram que os indivíduos de *G. ulmifolia* enfrentam consequências imediatas quando submetidos ao déficit hídrico como perda de folhas, redução do diâmetro do caule e massa seca. Nos indivíduos de *S. saponaria* suas folhas foram mantidas, ainda que, no final do experimento, quase todas secas. Nas duas espécies não houve a produção de novas folhas nos

tratamentos -1,6 e 2,0 MPa após a reidratação. Os indivíduos da espécie *G. ulmifolia* possuem folhas sensíveis ao déficit hídrico, mas suas folhas são recuperadas logo após a reidratação.

Palavras-Chave: déficit hídrico; tolerância à seca; taxa de crescimento; estresse hídrico; rebrota.

Abstract

Studies of morphological characteristics of native tree species adapted to overcome different environmental filters are fundamental for ecosystem conservation and restoration of degraded areas. The aim of this study was to evaluate the response of two tree species from Cerrado Domain to water stress. Specifically, it was intended: 1) to evaluate morphological strategies for variations in functional traits 2) check under which water potentials during stress the species sprout after rehydration. We evaluated the species *Guazuma ulmifolia* Lam. and *Sapindus saponaria* L. Water stress was simulated with polyethylene glycol (PEG 6000). In the experiment, a completely randomized block design was used, with six replications per species and six water potentials: 0.0, -0.4, -0.8, -1.2 -1.6 -2.0 MPa. The results showed that *G. ulmifolia* species experienced immediate consequences when exposed to water deficit such as leaf loss, stem diameter and shoot dry mass were affected. For *S. saponaria* the individuals kept their leaves, although they were almost all dry at the end of the experiment. The two species did not produce new leaves at -1.6 and 2.0 MPa after rehydration. Individuals of the species *G. ulmifolia* have leaves sensitive to water deficit but their leaves are recovered soon after rehydration.

Key words: water deficit; drought tolerance; growth rate; hydric stress; regrowth.

Resumen

Los estudios de las características morfológicas de las especies árboles nativas adaptadas para superar los diferentes filtros ambientales son fundamentales para la conservación del ecosistema y la restauración de áreas degradadas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de dos especies de árboles en el dominio Cerrado al estrés hídrico. Específicamente, se pretendía: 1) analizar estrategias morfológicas para detectar variaciones en los rasgos funcionales 2) verificar bajo qué potenciales de agua durante el estrés la especie vuelve a crecer después de la rehidratación. Se evaluaron las especies *Guazuma ulmifolia* Lam. y *Sapindus saponaria* L. El estrés hídrico se simuló con polietilenglicol (PEG 6000). En el experimento, se utilizó un diseño de bloques

completamente al azar, con seis repeticiones por especie y seis potenciales de agua: 0.0, -0.4, -0.8, -1.2 -1.6 -2.0 MPa. Los resultados encontrados demuestran que los individuos de *G. ulmifolia* enfrentan consecuencias inmediatas cuando se someten a déficit hídrico, como pérdida de hojas, reducción de diámetro y masa seca. En individuos de *S. saponaria*, sus hojas se mantuvieron, aunque casi todas se secaron al final del experimento. En ambas especies no hubo producción de nuevas hojas en los tratamientos -1.6 y 2.0 MPa después de la rehidratación. Los individuos de la especie *G. ulmifolia* tienen hojas sensibles al déficit hídrico, pero sus hojas se recuperan poco después de la rehidratación.

Palabras clave: déficit hídrico; tolerancia a la sequía; tasa de crecimiento; estrés hídrico; rebrote.

Introdução

Os modelos preditivos de mudanças climáticas indicam que os padrões de precipitação pluvial sofrerão mudanças nos próximos anos, com a diminuição na quantidade de chuvas nos meses de inverno em algumas regiões e o aumento da temperatura, a seca ficará mais frequente e prolongada (Collins et al. 2009; Wartenburger et al. 2017; Greve et al. 2018). A duração da estação seca é um fator limitante para o estabelecimento das plântulas, que dependem da quantidade de água acessível no solo e da capacidade das raízes de absorver água do mesmo (Oliveira 2008). Os impactos esperados até o ano de 2100, resultantes destas mudanças, envolvem além da diminuição das chuvas, o aumento na temperatura em grande parte dos biomas brasileiros, resultando na extinção ou em alteração na distribuição geográfica de algumas espécies (PBMC 2014).

O clima do Bioma Cerrado é caracterizado como sazonal, com dois períodos bem definidos, um chuvoso e quente, que ocorre entre os meses de outubro e abril, e outro seco e moderadamente frio entre maio e setembro (Nimer 1989). No período seco ocorre uma redução no conteúdo de água presente nas camadas mais superficiais do solo (Franco 1998, Oliveira-Filho & Ratter 2002). Dentro do domínio Cerrado existem várias formações vegetais, desde ecossistemas florestais, savânicos e campestres (Coutinho 1978; Ribeiro & Walter 1998; Oliveira-Filho & Ratter 2002). A maior parte do Domínio Cerrado é ocupada pelas formações savânicas, que são compostas de arbustos e árvores dispersas sobre um estrato de gramíneas. As florestas são formadas por espécies arbóreas onde ocorre a formação de dossel, sendo a formação florestal representada por Mata Ciliar e Mata de Galeria (Ribeiro et al., 1983; Ribeiro & Walter 1998 Moreira 2000). As espécies lenhosas apresentam em sua maioria sistemas radiculares profundos (Eiten 1972, Oliveira 2008) que

suportam a restrição hídrica das camadas mais superficiais durante o período seco (Bucci et al. 2005).

Considera-se estresse um desvio significativo nos limites de tolerância dos organismos, que induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais, os quais a princípio são reversíveis, mas podem se tornar permanentes (Larcher 2000). O déficit hídrico pode ser determinado quando a quantidade de água disponível no solo para a planta é menor do que a quantidade necessária para a expressão do seu potencial genético e fisiológico. Conforme a quantidade de água disponível no solo diminui, as plantas passam a ter mais dificuldade de absorvê-la (Cunha & Bergamaschi 1992).

Para as plantas no campo, a água disponível no solo é considerada como o intervalo entre os valores de umidade na capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP). O PMP é atingido quando a umidade do solo proporciona a murcha irreversível das plantas. Para a maioria das plantas o PMP é de -1,5 Mpa (Veihmeyer & Hendrickson 1949). No entanto, há uma ampla variabilidade no grau de tolerância à deficiência hídrica entre as espécies, sendo que, o estágio de desenvolvimento do vegetal no qual ocorre o estresse é determinante para a produtividade ou mesmo para a sua sobrevivência (Kramer & Boyer 1995).

O déficit hídrico pode modificar a anatomia, morfologia, bioquímica e fisiologia das plantas. A diminuição do potencial hídrico pode causar a redução da área foliar, aceleração da senescência, abscisão das folhas, inibição do crescimento e do desenvolvimento, alterações na razão raízes/parte aérea, perda de turgor celular e outros processos metabólicos (Larcher 2004; Ferrari et al. 2015; Taiz & Zeiger 2017). O déficit hídrico prejudica o crescimento celular das plantas, pois esse processo depende da divisão e alongamento das células. Através de uma ação hormonal ocorre o chamado afrouxamento da parede celular, que dessa forma permite a entrada de água na célula e, conseqüentemente, resulta no alongamento e crescimento celular (Taiz & Zeiger 2017).

No Domínio Cerrado a precipitação pluvial média anual varia de 800 a 1800 mm. Dependendo da região, cerca de 90% das chuvas ocorrem entre os meses de outubro e abril e a média anual da temperatura varia entre 20 a 26 °C, sendo que ocorre uma grande diferença na variação das temperaturas por causa da diferença de altitudes que existe no Bioma (Eiten 1972).

Plantas nativas de ambientes sujeitos à seca, frequentemente apresentam diferentes mecanismos morfológicos e fisiológicos para a convivência com esse estresse. Esses mecanismos podem ser divididos em tolerância à seca ou evitamento da seca (Turner 1996; Lambers et al. 1998). Geralmente as espécies decíduas que evitam a seca, apresentam folhas poucas longevas, além de transpirem em taxas muito baixas nesta estação (Chabot & Hicks 1982; Eamus 1999). No entanto, as espécies sempre verdes toleram a seca, produzem folhas longevas e com fluxo transpiracional elevado (Chabot & Hicks 1982; Eamus 1999; Escudero & Mediavilla 2003).

Deste modo, espera-se que a resposta ao déficit hídrico varie entre as espécies, e presumimos que as plantas submetidas a déficit hídrico menor apresentassem maior probabilidade de recuperação após a reidratação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de duas espécies arbóreas do domínio Cerrado ao estresse hídrico. Especificamente pretendeu-se: 1) analisar estratégias morfológicas de variações nos traços funcionais e 2) verificar sob quais potenciais hídricos durante o estresse as espécies rebrotam após a reidratação.

Material e Métodos

Espécies avaliadas

Guazuma ulmifolia Lam., pertencente à família Malvaceae, é uma espécie arbórea semidecídua ou decídua de ampla distribuição, ocorrendo desde a Amazônia brasileira até o Paraná. É encontrada em bordas de mata ciliar e em florestas estacionais decíduais. A espécie é utilizada em reflorestamento de áreas degradadas, bem como possui valor medicinal e alimentício (Almeida et al. 1998; Brandão et al. 2002; Lima et al 2010.). *Guazuma ulmifolia* é sensível ao estresse hídrico na fase inicial, em déficit hídrico severo ocorre menor taxa de sobrevivência dos indivíduos, diminuição no diâmetro do caule e massa seca da parte aérea também é prejudicada (Scalon et al 2011).

Sapindus saponaria L., pertencente à família Sapindaceae, é uma espécie arbórea que pode ser encontrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil. É uma planta encontrada em florestas pluviais e semidecídua (Lorenzi 2002). Sua madeira é utilizada em construção civil, já as sementes utilizadas para artesanato, além de que a espécie possui grande importância para o reflorestamento de áreas degradadas (Souza & Lorenzi 2005; Mena-Valdés et al. 2015). *Sapindus saponaria* é uma espécie resistente ao estresse hídrico moderado.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Gado de Corte (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), situada no Município de Campo Grande, MS (20°26'39,61"S; 54°43'20,17"W). As sementes foram adquiridas comercialmente e (marca, variedade, genótipo) as mudas produzidas em tubetes de 290 cm³, preenchidos com areia, os quais foram adubados com solução nutritiva (Hoagland & Arnon 1950) duas vezes por semana até o encerramento do experimento.

A técnica mais aplicada para reproduzir condições de seca em substratos inertes tem sido a utilização de soluções de diferentes potenciais osmóticos (Taylor & Harman 1990). Os trabalhos de

pesquisa vêm utilizando o polietileno glicol 6000 (PEG 6000) para simular os efeitos do déficit hídrico em espécies florestais (Rego et al. 2011; Guedes et al. 2013; Pelegrini et al. 2013), visto que é quimicamente inerte e não tóxico para as plantas, além de possuir moléculas grandes, possibilitando absorção lenta e equilibrada das plantas (Villela et al. 1991).

No experimento, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com 12 repetições (seis repetições para avaliar a sobrevivência após suspensão do estresse), utilizou-se duas espécies arbóreas e seis potenciais hídricos. Quando as plantas atingiram aproximadamente 15 cm de altura (figura 1a,1d) aplicamos o PEG 6000 a cada quatro dias para reduzir gradualmente o potencial hídrico da solução, sendo as soluções utilizadas de 0,0, -0,4, -0,8, -1,2, -1,6 e -2,0 MPa (Figura 2) preparadas de acordo com as especificações de Villela et al. (1991).

Após 24 dias sob o potencial hídrico do tratamento final, foram retiradas seis plantas de cada espécie e de cada potencial hídrico. Foi avaliado o diâmetro do caule com um paquímetro digital, comprimento da raiz e da parte aérea com uma régua e contamos o número de folhas secas e verdes. Para determinar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular, realizamos a pesagem do material após seu acondicionamento em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 65°C (Mattos et al. 2005; Pezzopane et al. 2014). Para determinar a área foliar (cm²) foram retiradas três folhas de cada planta, as folhas frescas foram digitalizadas em scanner de mesa e as imagens foram analisadas no programa ImageJ (Cornelissen et al. 2003) a massa seca dessas folhas foi determinada e calculou-se a área foliar da planta. A razão parte aérea/raiz, foi calculada dividindo-se a massa seca total da parte aérea pela massa seca total do sistema radicular.

Nas outras seis repetições de todos os tratamentos restabelecemos o potencial hídrico de 0,0 MPa e o número de folhas novas (completamente expandidas) foram contadas diariamente, por 45 dias para estabelecer quais plantas se mantiveram vivas (emissão e manutenção de novas folhas).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do software SASM-Agri.

Resultados

Guazuma ulmifolia

Após 24 dias de estresse, o número de folhas, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea de *G. ulmifolia* foram negativamente afetados pelo estresse, independentemente do potencial hídrico utilizado. A massa seca da raiz foi negativamente afetada apenas no tratamento -2,0 MPa. O comprimento de raiz e aérea foliar não foram afetados pelo déficit hídrico. A razão parte aérea/raiz diferiram entre plantas submetidas aos tratamentos de 0,0 MPa e -0,4 MPa, ocupando posição intermediária os indivíduos dos demais potenciais hídricos. (Tabela 1).

Observamos que, com exceção do tratamento 0,0 MPa (controle), a espécie *G. ulmifolia* perdeu praticamente todas as folhas durante o experimento, (Figura 1b). Após 19 dias da retomada da irrigação os indivíduos desta espécie mantidos nos tratamentos 0,0, -0,4, -0,8, -1,2 MPa iniciaram a produção de novas folhas (Figura 1c). No entanto, mesmo após 45 dias de reidratação, os indivíduos que foram submetidos aos tratamentos - 1,6 e -2,0 MPa não produziram folhas.

Sapindus saponaria

O número de folhas, comprimento e peso seco da raiz, área foliar, razão raiz/parte aérea e biomassa da parte aérea de *S. saponaria* não diferiram entre os tratamentos avaliados. O diâmetro do caule apresentou diferenças significativas entre as plantas dos diferentes tratamentos, sendo que plantas mantidas no tratamento -0,8 MPa apresentaram diâmetro de caule menores (Tabela 2).

Durante o déficit hídrico observamos que os indivíduos avaliados de *S. saponaria* não perderam suas folhas, embora quase todas se apresentassem secas ao final do período de estresse (Figura 1e). Após 16 dias de reidratação os indivíduos iniciaram a produção de novas folhas, quando quase todas as folhas velhas já haviam sido perdidas. De maneira similar nos tratamentos 0,0, -0,4, -0,8 e -1,2, (Figura 1f) sendo que, ao final dos 45 dias os indivíduos dos tratamentos -1,6 e -2,0 MPa não apresentavam folhas novas, após esse período, concluiu-se que os indivíduos estavam mortos.

Discussão

Os indivíduos da espécie *G. ulmifolia* apresentaram queda foliar durante a reidratação, o que corresponde a características adaptativas da mesma durante o período de estresse. Nunes et al. (2005) avaliando as características fenológicas de *G. ulmifolia* em uma floresta estacional decidual, verificaram que o padrão de queda das folhas da espécie aumenta em períodos de déficit hídrico, resultado semelhante ao encontrado no presente estudo. Algumas espécies decíduas intensificam a perda de folhas em épocas de déficit hídrico, para diminuir a perda excessiva de água para o ambiente através da transpiração (Benincasa 2004; Lima et al. 2012). A perda de folhas durante o período seco em espécies que ocorrem em clima tropical sazonal pode levar a recuperação do equilíbrio interno (Borchert 1994). Na espécie *S. saponaria*, no entanto, não ocorreu perda de folhas durante o estresse hídrico, embora, quando reidratados os indivíduos, as folhas velhas caíram e novas passaram a ser produzidas.

Nas duas espécies a área foliar não foi afetada pelo déficit hídrico, sendo que essa variável pode não ter sido afetada porque não ocorreu a produção de novas folhas durante o tratamento. Uma das primeiras consequências fisiológicas para plantas submetidas a déficit hídrico é a diminuição ou

a suspensão do crescimento, posto que ocorre a redução na diferenciação celular, influenciada pela restrição hídrica (Silva et al. 2003). Alguns autores encontraram diminuição na área foliar em plantas submetidas ao déficit hídrico (Figueiroa et al. 2004; Scalon et al. 2011), já que as plantas produzem folhas menores quando estão em restrição de água, a fim de reduzir a perda de água (Benincasa 2004).

Plantas de lugares áridos possuem um sistema radicular mais profundo para enfrentar o período de restrição hídrica (Meinzer *et al.* 1999). Observa-se que, independente do tratamento, as duas espécies mantêm o crescimento radicular semelhante aos indivíduos do tratamento controle. Resultados como estes, foram encontrados por Cunha et al. (2018) em *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K.Schum submetida a déficit hídrico, as quais mantiveram o crescimento radicular com maior quantidade de raízes finas o que influenciou a absorção de água e nutrientes, melhorando assim a condição hídrica da planta.

Observa-se que em da espécie *G. ulmifolia* a redução da disponibilidade hídrica a -2,0 Mpa diminui a massa seca da raiz, sugerindo a existência de raízes mais finas. Em um evento de seca severo as plantas não tem tempo suficiente para que as raízes cresçam, e se possibilite maior acesso à água (Engelbrecht & Kursar 2003).

A massa seca da parte aérea, o número de folhas e o diâmetro do caule de *G. ulmifolia* foram menores sob déficit hídrico. Com a restrição hídrica o acúmulo de massa seca é prejudicado, como resposta ao déficit hídrico algumas espécies diminuem o número de folhas e a matéria seca total da planta (Silva et al. 2004; Mahajan & Tuteja 2005).

Observamos que as plantas de *S. saponaria* são morfologicamente menos afetadas pelo déficit hídrico quando comparada as plantas de *G. ulmifolia*, sendo que as duas espécies possuem diferentes estratégias morfológicas de enfrentamento à seca. No entanto, em ambas as espécies houve produção de novas folhas nos tratamentos 0,0, -0,4, -0,8, -1,2 MPa indicando que o déficit hídrico inferior ao ponto de murcha permanente (-1,5 MPa) não causou danos irreversíveis à capacidade de absorção de água pelas raízes e ao seu transporte para a parte aérea (figura 3). Para os indivíduos da espécie *G. ulmifolia* os danos irreversíveis são causados a partir do potencial hídrico -1,6 MPa causando a morte dos indivíduos. Para os indivíduos da espécie *S. saponaria* ocorreu rebrota de apenas um indivíduo no potencial hídrico de -1,6 MPa. Segundo Slatyer 1967, Veihmeyer & Hendrickson 1945 o ponto de murcha permanente para várias espécies é de 1,5 MPa.

Conclusão

Sob baixa disponibilidade hídrica ocorre redução da matéria seca das folhas de plantas de *G. ulmifolia*, enquanto na espécie *S. saponaria* não houve diferença. Os indivíduos da espécie *G.*

ulmifolia possuem folhas sensíveis ao déficit hídrico, mas suas folhas são recuperadas logo após a reidratação. Os indivíduos da espécie *S. saponaria* não perdem as folhas durante o estresse hídrico, contudo após a reidratação produziram novas folhas, até no tratamento -1,6 MPa demonstrando que esta espécie suporta níveis maiores de restrição hídrica. Os resultados sugerem que as duas espécies possuem capacidade de tolerar e se restabelecerem em ambientes passíveis de seca após curto intervalo de tempo.

Referências

Almeida SD, Proença CE, Sano SM, Ribeiro JF. 1998. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Embrapa-CPAC, Planaltina, 464p.

Benincasa MMP. 2004. **Análise de Crescimento de Plantas (noções básicas)**. Funep, Jaboticabal, 42p.

Borchert R. 1994. Soil and stem water storage determine phenology and distribution of tropical dry forest trees. *Ecology* 75:1437–1449.

Brandão M, Laca-Buendía JP, Macedo JF. 2002. **Árvore nativas e exóticas do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Epamig, 528p.

Bucci SJ, Goldstein G, Meinzer FC, Franco AC, Campanello P, Scholz FG. 2005. Mechanisms contributing to seasonal homeostasis of minimum leaf water potential and predawn disequilibrium between soil and plant water potential in Neotropical savanna trees. *Trees*, 19:296–304.

Chabot BF, Hicks DJ. 1982. The ecology of leaf life spans. **Annual Review of Ecology and Systematics** 13:229–259.

Collins JM, Chaves R, Marques VS. 2009. Temperature variability over South America. **Journal of Climate**, 22:5854–5868.

Cornelissen JHC, Lavorel S, Garnier E, Díaz S, Buchmann N, Gurvich DE, Reich PB, Steege H, Morgan HD, Van-der-Heijden MGA Pausas JG, Poorter H. 2003. A handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 51:335–380.

- Coutinho LM. 1978. O conceito de Cerrado. **Revista Brasileira de Botânica** 7:17–23.
- Cunha GD, Bergamaschi H. 1992. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. UFRGS, Porto Alegre, cap. 6, 85–97p.
- da Cunha RLM, Galvão JR, Alves RM, Gomes VA, de Oliveira FC, Ferreira IVL. 2018. Ecofisiologia de progênie de cupuaçuzeiro submetida a déficit hídrico e reidratação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, 12:2500–2509.
- Eamus D. 1999. Ecophysiological traits of deciduous and evergreen woody species in the seasonally dry tropics. **Trends in Ecology & Evolution**, 14:11–16.
- Eiten G. 1972. The Cerrado vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38:201–341.
- Engelbrecht BM, Kursar TA. 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. **Oecologia**, 136:383–393.
- Escudero A, Mediavilla S. 2003. Decline in photosynthetic nitrogen use efficiency with leaf age and nitrogen resorption as determinants of leaf life span. **Journal of Ecology**, 91:880–889.
- Ferrari E, Paz A, Silva AC. 2015 Déficit hídrico no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, 3:67–77.
- Figueiroa MF, Barbosa DCC Simabukuro CA. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, 18:573–580.
- Franco AC. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. *Plant Ecology*, 69–76.
- Greve, P., Gudmundsson, L., & Seneviratne, S. I. 2018. Regional scaling of annual mean precipitation and water availability with global temperature change. **Earth System Dynamics**, 9:227–240.
- Guedes RS, Alves EU, Viana JS, Gonçalves EP, De Lima CR, dos Santos SDRN. 2013. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, 23:45–53.

- Hoagland DR, Arnon DI. 1950. **The water culture method for growing plants without soils.** California Agricultural Experimental Station, Berkeley, 347p.
- Kramer PJ, Boyer JS. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, New York.
- Lambers H, Chapin FS, Pons TL. 1998. Plant physiological ecology. **Springer-Verlag**, New York, 540p.
- Larcher W. 2000. Ecofisiologia Vegetal. São Carlos: **Rima**, 531p.
- Lima ALA, Sampaio EVDSB, De Castro CC, Rodal MJN, Antonino ACD, Melo AL. 2012. Do the phenology and functional stem attributes of woody species allow for the identification of functional groups in the semiarid region of Brazil?, **Trees** 26:1605–1616.
- Lima MS, Damasceno-Júnior GA, Tanaka MO. 2010. Aspectos estruturais da comunidade arbórea em remanescentes de floresta estacional decidual, em Corumbá, MS, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, 33:437–453.
- Lorenzi H. 2002. Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: **Plantarum**, 368 p.
- Mahajan S, TUTEJA N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: na overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 444:139–158.
- Mattos JLS, Gomide JAM, Huaman CA. 2005. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob deficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:755–764.
- Meinzer FC, Goldstein G, Franco AC, Bustamante M, Iglér E, Jackson P, Rundel PW. 1999. Atmospheric and hydraulic limitations on transpiration in Brazilian Cerrado woody species. *Functional Ecology*, 13:273–282.
- Mena-Valdés L, Tamargo SB, Salas OE, Plaza PLE, Blanco HY, Otero GA, Sierra GG. 2015. Determinación de saponinas y otros metabolitos secundarios en extractos acuosos de *Sapindus saponaria* L. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 20:106–116.
- Moreira AG. 2000. Effects of fire protection on savanna structure in Central Brazil. *Journal of Biogeography* 27:1021–1029.
- Nimer N. 1989. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE.

Nunes YR, Fagundes M, Santos RM, Domingues EB, Almeida HS, Gonzaga APD. 2005. Atividades fenológicas de *Guazuma ulmifolia* Lam. (Malvaceae) em uma floresta estacional decidual no norte de Minas Gerais. **Lundiana**, 6:99–105.

Oliveira PEAM de. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do cerrado. **Cerrado: Ecologia e Flora**, 9:275–286.

Oliveira-Filho AT, Ratter JA. 2002. Vegetation physiognomies and wood flora of the bioma Cerrado. *In: The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna*. (Eds.). New York: **Columbia University Press**, 91–120.

PBMC, 2014. **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2:414.

Pelegrini LL, Borcioni E, Nogueira AC, Koehler HS, Quoirin MGG. 2013. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, 23:511–519.

Pezzopane CDG, Santos PM, Cruz PGD, Altoé JRFA, Valle CBD. 2014. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, 45:871–876.

Rego SS, Ferreira MM, Nogueira AC, Grossi F, de Sousa RK, Brondani GE, da Silva ALL. 2011. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Veloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 2:37–42.

Ribeiro JF, Sano SM, Macêdo J, Silva JA. 1983. Os principais tipos fitofisionômicos da região dos cerrados. **Boletim de Pesquisa Embrapa/CPAC** 21:528.

Ribeiro JF, Walter BMT. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. **Cerrados: Ambiente e Flora**, Embrapa/CPAC, Brasília, 87–166.

Scalon SDPQ, Mussury RM, de Mello-Euzébio VL, Kodama FM, Kissmann C. 2011. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, 21 655–662.

Silva EC, Nogueira RJMC, Neto ADA, Brito JZ, Cabral EL. 2004. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia. Serie Botânica**, 59:201–205.

Slatyer RO. 1967. Plant-water relationships. **Academic Press**, London 366p.

Souza VC, Lorenzi H. 2005. Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. **Instituto Plantarum**, Nova Odessa.

Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy, A. 2017. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Artmed, Porto Alegre 858p.

Taiz L, Zeiger E. 2009. **Fisiologia vegetal**. 4ª ed. Artmed, Porto Alegre 719p.

Taylor AG, Harman GE. 1990. Concepts and Technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, 28:321–339.

Turner NC. 1996. Further progress in crop water relations. **Academic Press**, New York, 58:293–338.

Veihmeyer FJ, Hendrickson AH. 1945. Permanent wilting percentages obtained from field and laboratory trials. **Plant Physiology**, 20:517–539.

Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL. 1991. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno glicol 6.000 e da Temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 26:1957–1968.

Wartenburger R, Hirschi M, Donat MG, Greve P, Pitman AJ, Seneviratne SI. 2017. Changes in regional climate extremes as a function of global mean temperature: na interactive plotting framework. **Geoscientific Model Development**, 10:3609–3634.

Tabela 1. Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz, peso da parte aérea e raiz, área foliar e razão parte aérea/raiz de mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. cultivadas após 24 dias com diferentes potenciais hídricos e coeficiente de variação (C.V.).

Tratamentos (MPa)	N° de folhas	Diâmetro do caule (mm)	Raiz (cm)	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Área foliar (cm ²)	Razão parte aérea/raiz (g)
0,0	11,00a	5,46a	18,16a	2,03a	3,13a	39,36a	0,69a
-0,4	1,83b	4,20b	18,75a	0,68b	2,58a	10,12a	0,27b
-0,8	0,66b	3,80b	19,08a	0,91b	3,16a	11,92a	0,28ab
-1,2	2,33b	4,20b	18,55a	0,98b	2,11ab	17,14a	0,50ab
-1,6	1,66b	4,10b	17,71a	0,91b	3,00a	8,71a	0,31ab

-2,0 2,66b 3,63b 16,60a 1,03b 1,68b 18,32a 0,74ab

Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz, peso da parte aérea e raiz, área foliar e razão parte aérea/raiz de mudas de *Sapindus saponaria* L. cultivadas após 24 dias com diferentes potenciais hídricos e coeficiente de variação (C.V.).

Tratamentos (MPa)	N° de folhas	Diâmetro do caule (mm)	Raiz (cm)	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Área foliar (cm ²)	Razão parte aérea/raiz (g)
0,0	21,50a	4,07a	21,41a	1,43a	1,32a	12,29a	1,17a
-0,4	22,66a	4,08a	23,65a	1,71a	1,31a	11,31a	1,14a
-0,8	21,33a	3,25b	23,61a	0,85a	1,28a	13,47a	1,31a
-1,2	21,33a	4,33a	17,70a	1,60a	1,66a	14,43a	1,76a
-1,6	22,50a	3,85ab	21,51a	1,35a	1,31a	12,16a	1,28a
-2,0	21,66a	4,08a	23,65a	2,06a	1,70a	21,28a	1,65a

Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

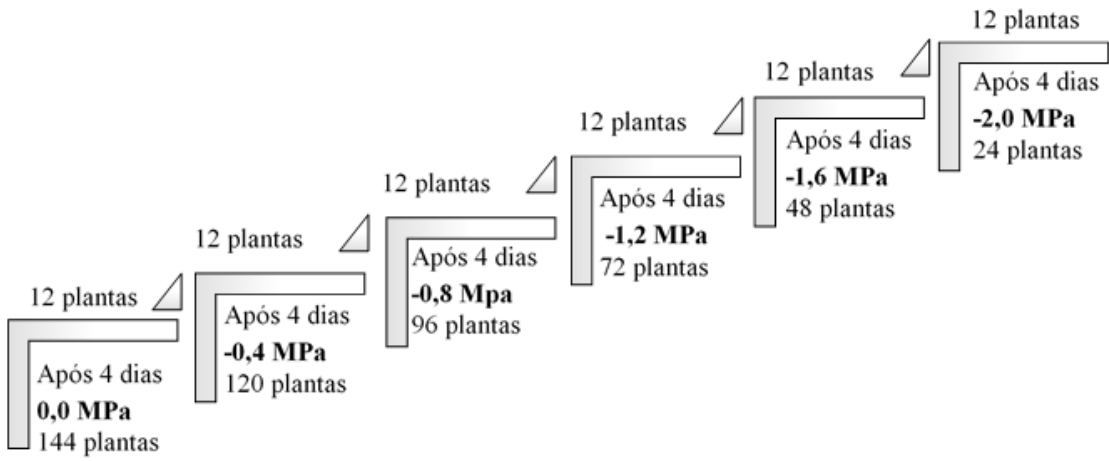


Figura 1. Fluxograma representando o desenvolvimento do experimento.

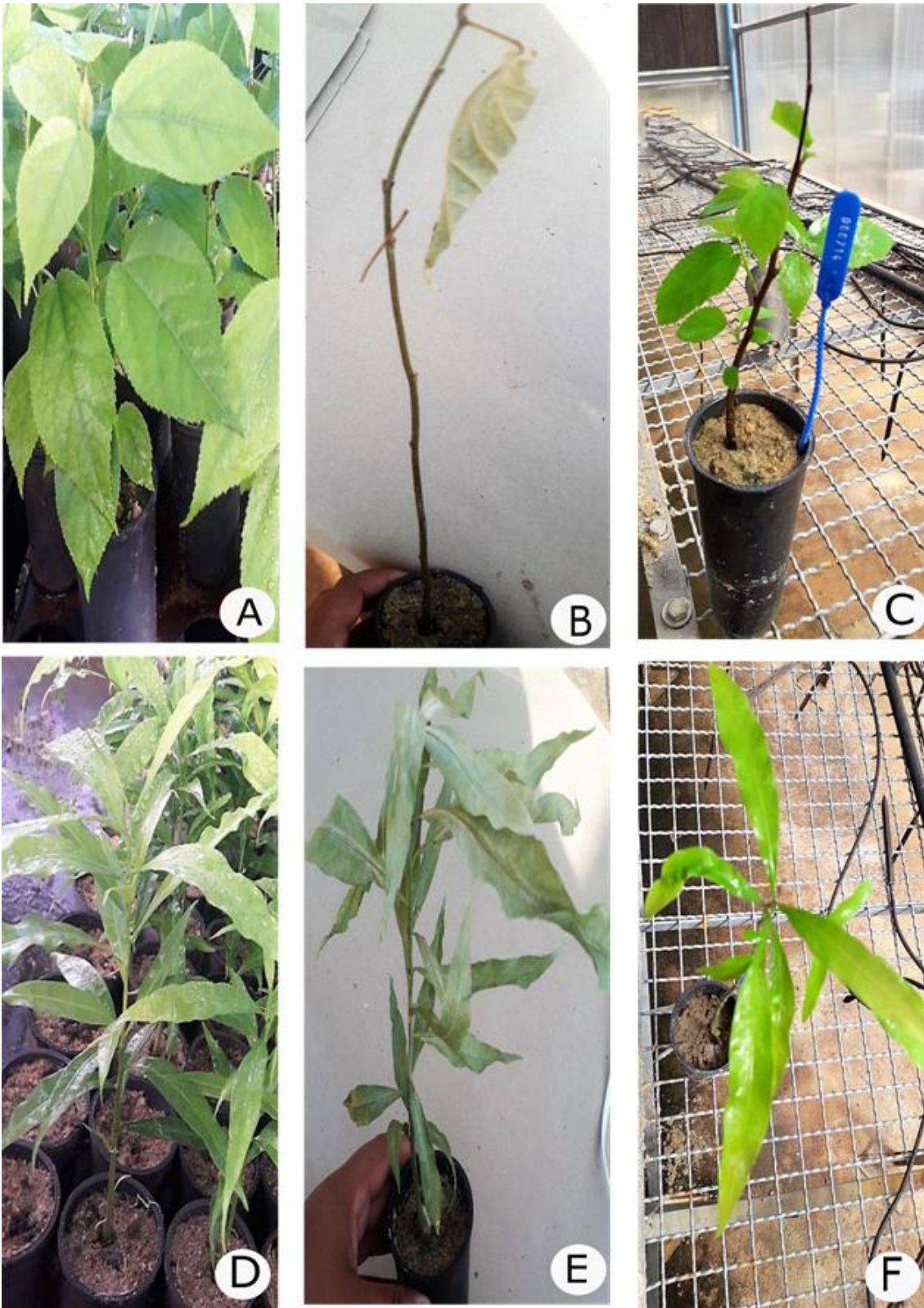


Figura2. *Guazuma ulmifolia* antes (A), após o déficit hídrico (B) e após a reidratação (C). *Sapindus saponaria* antes (D), após déficit hídrico (E) e após a reidratação (F).

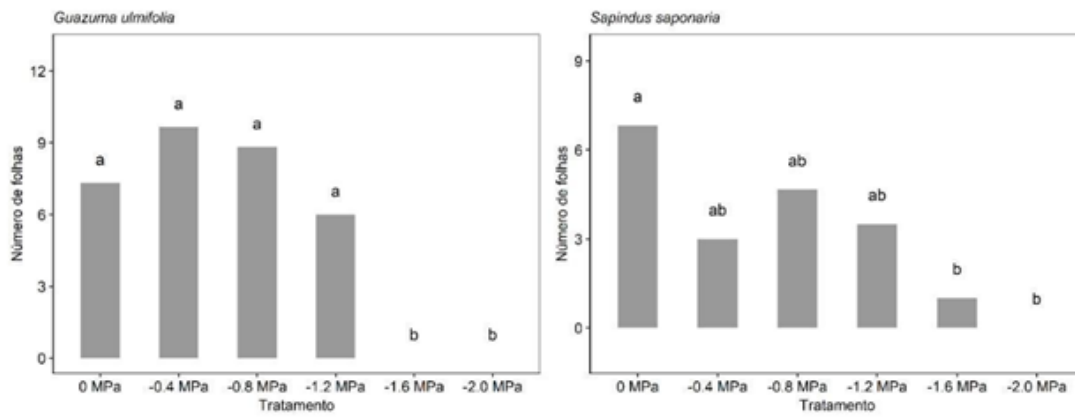


Figura 3.

Número de folhas após 45 dias de reidratação das espécies de *Guazuma ulmifolia* (A) e *Sapindus saponaria* (B). *Médias na mesma figura, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Déficit hídrico afeta o crescimento vegetativo das espécies *Jacaranda cuspidifolia* Mart. e *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.

Water deficit affects the vegetative growth of *Jacaranda cuspidifolia* Mart. and *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.

El déficit de agua afecta el crecimiento vegetativo de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. y *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg.

Camila Oliveira Miranda^a, Valdemir Antônio Laura^{a,b,c}, Silvia Rahe Pereira^c, Rogério Rodrigues Faria^d

^a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Laboratório de Botânica, Instituto de Biociências, 79.070-900, Campo Grande, MS - Brasil. E-mail: camilaoliveiramiranda20@gmail.com

^b Embrapa Gado de Corte, 79106-550 - Campo Grande, MS – Brasil.

^c Universidade Anhanguera – UNIDERP, 79037-280 - Campo Grande, MS - Brasil.

^d Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Aquidauana – Aquidauana, MS – Brasil

Resumo

As espécies nativas passam por diversos estresses ambientais e um deles é o déficit hídrico, caracterizado por uma das maiores causas de mortalidade e retardo do crescimento, atuando em diversos processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de *Jacaranda cuspidifolia* e *Anadenanthera falcata* em resposta ao período de estresse hídrico e à reidratação. Especificamente pretendeu-se: 1) analisar estratégias morfológicas de variações nos traços funcionais e 2) verificar sob quais potenciais hídricos durante o estresse as espécies rebrotam após a reidratação. Foram avaliadas as espécies *Jacaranda cuspidifolia* e *Anadenanthera falcata* em o estresse hídrico, simulado com polietileno glicol. No experimento, foi utilizado delineamento de blocos inteiramente casualizados, com 12 repetições por espécie e seis

potenciais hídricos: 0,0, -0,4, -0,8, -1,2 -1,6 -2,0 MPa. Os resultados obtidos demonstram que os indivíduos das duas espécies perdem praticamente todas as folhas no início do déficit hídrico. A massa seca da parte aérea dos indivíduos da espécie *J. cuspidifolia* diferiu entre os tratamentos 0,0 e -2,0 MPa. Enquanto que a massa seca da parte aérea dos indivíduos da espécie *A. falcata* foram afetados independentemente do nível de estresse hídrico imposto. Após 45 dias do restabelecimento da irrigação aos indivíduos da espécie *A. falcata* ocorreu a produção de novas folhas em todos os tratamentos de maneira similar. Para os indivíduos da espécie *J. cuspidifolia* o tratamento controle destacou-se estatisticamente em relação aos demais tratamentos na produção de novas folhas.

Palavras-Chave: Cerrado; déficit hídrico; rebrota; PEG 6000; plantas nativas.

Abstract

Native species go through several environmental stresses, one of them is the water deficit, characterized by one of the biggest causes of mortality and growth retardation, acting in several morphological, physiological and biochemical processes. The purpose of this work was to evaluate the bearing of *Jacaranda cuspidifolia* and *Anadenanthera falcata* in response to the period of water stress and rehydration. Specifically, it was intended: 1) to analyze morphological strategies of variations in functional traits and 2) to check under which water potentials during stress the species regrow after rehydration. The species *Jacaranda cuspidifolia* and *Anadenanthera falcata* were evaluated and the water stress was simulated with polyethylene glycol (PEG 6000). In the experiment, a completely randomized block design was used, with twelve replicates per species and six water potentials: 0.0, -0.4, -0.8, -1.2 -1.6 -2.0 MPa. The results obtained revealed that individuals of both species lose practically all leaves at the beginning of the water deficit. The dry mass of the aerial part of individuals of the species *J. cuspidifolia* differed between treatments 0 and -2.0 MPa. While the dry mass of the aerial part of individuals of the species *A.falcata* were affected regardless of the level of water stress imposed. After 45 days of the restoration of irrigation, individuals of the species *A.falcata* produced new leaves in all treatments of similar management. The control treatment of the individuals of *J. cuspidifolia* stood out statistically in relation to the other treatments in the production of new leaves.

Key words: Cerrado; water deficit; regrowth; PEG 6000; native plants.

Resumen

Las especies nativas pasan por varios estreses ambientales, uno de ellos es el déficit hídrico, caracterizado por una de las principales causas de mortalidad y retraso del crecimiento, actuando en varios procesos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de *Jacaranda cuspidifolia* y *Anadenanthera falcata* en respuesta al período de estrés hídrico y rehidratación. Específicamente, se pretendía: 1) analizar estrategias morfológicas para detectar variaciones en los rasgos funcionales 2) verificar bajo qué potenciales de agua durante el estrés la especie vuelve a crecer después de la rehidratación. Se evaluaron las especies *Jacaranda cuspidifolia* y *Anadenanthera falcata* y se simuló el estrés hídrico con polietilenglicol (PEG 6000). En el experimento, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con doce repeticiones por especie y seis potenciales de agua: 0.0, -0.4, -0.8, -1.2 -1.6 -2.0 MPa. Los resultados obtenidos muestran que los individuos de ambas especies pierden prácticamente todas las hojas al comienzo del déficit hídrico. La masa seca de la parte aérea de los individuos de la especie *J. cuspidifolia* difirió entre los tratamientos de 0 y -2.0 MPa. Mientras que la masa seca de la parte aérea de los individuos de la especie *A.falcata* se vio afectada independientemente del nivel de estrés hídrico impuesto. Después de 45 días de la restauración del riego, los individuos de la especie *A.falcata* produjeron nuevas hojas en todos los tratamientos de manejo similar. Los individuos de la especie *J. cuspidifolia* destacaron estadísticamente el tratamiento de control en relación a los otros tratamientos en la producción de nuevas hojas.

Palabras clave: Cerrado; déficit de agua; rebrote PEG 6000; plantas nativas

Introdução

A vegetação florestal é suscetível aos impactos das mudanças climáticas, principalmente em condições de aumento da intensidade e recorrência dos períodos secos. Os impactos dos períodos secos serão corroborados por um aumento simultâneo da temperatura, aumentando ainda mais os efeitos da seca (IPCC 2007). No Domínio Cerrado a estação seca tem a duração de quatro a cinco meses, com isso a disponibilidade de água nas camadas mais superficiais do solo é reduzida ao mesmo tempo em que as camadas mais profundas do solo permanecem com umidade reduzida (Franco 1998, Oliveira-Filho & Ratter 2002, Silva 2004).

Entre os fatores abióticos, a seca é o principal impedimento para o estabelecimento das plantas (Moles & Westoby 2004). O estresse é caracterizado como um desvio significativo das condições ideais para a vida, o que induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, porém, podem tornar-se permanentes, mesmo se

uma condição de estresse for somente temporária (Larcher 2000). O déficit hídrico é definido quando a quantidade de água disponível no solo é menor que a quantidade de água necessária para a expressão do potencial fisiológico das plantas, conforme o solo seca, as plantas tem mais dificuldade em absorver a água, uma vez que aumenta a retenção e a disponibilidade de água no solo para as plantas diminui (Bergamaschi, 1992).

Os impactos da seca dependem da velocidade e duração do estresse e em qual estágio de desenvolvimento a planta se encontra. As plantas enfrentam o estresse por meio de um conjunto de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos (Pimentel 2004). Espécies lenhosas apresentam vários mecanismos de adaptação à seca, incluindo sistemas radiculares bem desenvolvidos, aumento da eficiência do uso da água, alterações na estrutura das plantas, ajuste na taxa de crescimento (Oliveira 2008; Yin et al. 2005). Além de mudanças morfológicas, algumas espécies desenvolveram adaptações fisiológicas e diferentes comportamentos fenológicos que contribuem para a sobrevivência e reprodução em períodos de deficiência hídrica. Os diferentes comportamentos podem variar de espécies sempre verdes, com a produção de folhas durante o ano todo ou espécies decíduas, nas quais a produção e a queda das folhas ocorrem em períodos definidos (Morais et al. 1995; Oliveira 1998).

Deste modo, espera-se que a resposta ao déficit hídrico varie entre as espécies e presume-se que as plantas submetidas a déficit hídrico menor apresentassem maior probabilidade de recuperação após a reidratação. Espera-se que as duas espécies possuam adaptações morfológicas diferentes em resposta ao déficit hídrico. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o comportamento de *Jacaranda cuspidifolia* e *Anadenanthera falcata* em respostas ao período de estresse hídrico e à reidratação. Especificamente pretendeu-se: 1) analisar estratégias morfológicas de variações nos traços funcionais e 2) verificar sob quais potenciais hídricos durante o estresse as espécies rebrotam após a reidratação.

Material e Métodos

Espécies avaliadas

Jacaranda cuspidifolia Mart. conhecido popularmente como caroba ou jacarandá-branco pertence à família Bignoniaceae, é uma árvore de porte médio, decídua e pioneira (Lorenzi 2000; Scalon et al. 2006). Ocorre nas regiões Centro Oeste e Sudeste do Brasil. Utilizada na arborização urbana, a madeira é usada na marcenaria (Lorenzi 2000).

A espécie *Anadenanthera falcata* Benth. Speg pertence à família Fabaceae, conhecida como angico é uma espécie com ampla distribuição geográfica podendo ser encontrada em regiões savânicas, cerrado e cerradão do Brasil (Lorenzi 1998). A espécie apresenta crescimento rápido e é adaptada a solos com baixa fertilidade, além de ser uma planta decídua, é também aproveitada com

sucesso para reflorestamentos de áreas degradadas e sua madeira é utilizada na construção civil (Carvalho 2003).

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Gado de Corte (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), situada no Município de Campo Grande, MS (20°26'39,61"S; 54°43'20,17"W). As sementes foram obtidas comercialmente (Marca, variedade, genótipo) e as mudas foram produzidas em tubetes de 290 cm³, preenchidos com areia, os quais foram adubados com solução nutritiva (Hoagland & Arnon 1950) duas vezes por semana até o encerramento do experimento.

A técnica mais aplicada para reproduzir condições de seca em substratos inertes tem sido a utilização de soluções de diferentes potenciais osmóticos (Taylor & Harman 1990). Os trabalhos de pesquisa vêm utilizando o polietileno glicol 6000 (PEG 6000) para simular os efeitos do déficit hídrico em espécies florestais (Rego et al. 2011; Guedes et al. 2013; Pelegrini et al. 2013), visto que é quimicamente inerte e não tóxico para as plantas, além de possuir moléculas grandes, possibilitando absorção lenta e equilibrada das plantas (Villela et al. 1991).

No experimento, foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com 12 repetições (seis repetições para avaliar a sobrevivência após suspensão do estresse), utilizamos duas espécies arbóreas e seis potenciais hídricos. Quando as plantas atingiram aproximadamente 30 cm de altura (figura 1a, 1d) foi aplicado PEG 6000, a cada quatro dias foi adicionado um novo tratamento para reduzir gradualmente o potencial hídrico da solução; as soluções utilizadas foram de 0,0, -0,4, -0,8, -1,2, -1,6 e -2,0 MPa preparadas de acordo com as especificações de Villela et al. (1991).

Após 24 dias sob o potencial hídrico do tratamento final, foram retiradas seis plantas de cada espécie e de cada potencial hídrico. Foi avaliado o diâmetro do caule com um paquímetro digital, comprimento da raiz e da parte aérea com uma régua e contado o número de folhas secas e verdes. Para determinar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular, realizamos a pesagem do material após seu acondicionamento em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada de ar, por 72 horas, a 65°C (Mattos et al. 2005; Pezzopane et al. 2014). A razão parte aérea/raiz, foi calculada dividindo-se a massa seca total da parte aérea pela massa seca total do sistema radicular.

Nas outras seis repetições de todos os tratamentos restabelecemos o potencial hídrico de 0,0 MPa e o número de folhas novas (completamente expandidas) foram contadas diariamente, por 45 dias para estabelecer quais plantas se mantiveram vivas (emissão e manutenção de novas folhas).

Os resultados coletados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do software SASM-Agri.

Resultados

Jacaranda cuspidifolia

Após 24 dias sob déficit hídrico o número de folhas diferiu entre os tratamentos 0,0, -0,8 e -2,0 MPa (figura e). A massa seca da parte aérea diferiu entre os tratamentos 0,0 e -2,0 MPa, os demais tratamentos ocuparam posições intermediárias. O comprimento da parte aérea, diâmetro do caule, comprimento e massa seca e comprimento da raiz, razão parte aérea/raiz não diferiram entre os tratamentos avaliados. (Tabela 1).

Após os 45 dias do restabelecimento do potencial hídrico 0,0 MPa ocorreu produção de novas folhas em todos os tratamentos (figura 1f). Os tratamentos -0,4, -0,8, -1,2, -1,6, -2,0 MPa produziram folhas de maneira similar (Tabela 1).

Anadenanthera falcata

Observamos que, com exceção do tratamento 0,0 MPa (controle), a espécie *A. falcata* perdeu grande parte das folhas durante o experimento (figura 1b). A massa seca da parte aérea foi negativamente afetada pelo estresse, independentemente do potencial hídrico utilizado. O comprimento da parte aérea, massa seca e comprimento da raiz, razão parte aérea/raiz e o diâmetro do caule não diferiram entre os tratamentos avaliados (Tabela 2).

Após 45 dias de reidratação os indivíduos desta espécie mantidos nos tratamentos 0,0 -0,4, -0,8 e -1,2, produziram novas folhas, com o tratamento controle destacando-se estatisticamente em relação aos demais tratamentos (figura 1c). Apesar dos tratamento -1,6 e -2,0 Mpa não terem produzido folhas após os 45 dias, encontram-se estatisticamente no mesmo grupo dos tratamentos -0,4, -0,8 e -1,2 (Tabela 2).

Discussão

Os indivíduos das espécies *J. cuspidifolia* e *A. falcata* apresentaram redução no número de folhas quando submetidas a estresse hídrico. A abscisão foliar nas espécies estudadas aumenta em períodos de déficit hídrico, diminuindo a perda excessiva de água para o ambiente através da transpiração (Benincasa 2003). A queda foliar é um dos mecanismos mais extremos de enfrentamento ao déficit hídrico, porque leva a redução da taxa de fotossíntese, prejudicando a planta como um todo. Os mesmos resultados foram encontrados em estudos realizados com

Tabebuia aurea (Cabral et al. 2004), e *Anadenanthera macrocarpa* e *Acacia farnesiana* (Barbosa 1991), nos quais ocorreu a diminuição no número de folhas com o déficit hídrico.

Para os indivíduos das duas espécies o comprimento e o peso do sistema radicular não foram afetados quando submetidas ao déficit hídrico. Isso pode ser explicado porque plantas de ambientes secos geralmente possuem sistema radicular profundo que auxilia na captação de água nas camadas mais profundas do solo (Faria et al. 1998) onde encontra-se água mesmo em períodos secos (Silva et al. 2004). Nas duas espécies estudadas não houve diferenças na razão parte aérea raiz, isso é uma estratégia usada para enfrentar períodos secos, inclusive alguns estudos mostram que plantas mesmo sujeitas a déficit hídrico severo investem em sistema radicular para absorver água das camadas mais profunda do solo (Silva et al. 2003; Figueiroa et al. 2004; Villagra & Cavagnaro 2006).

As duas espécies tiveram a massa seca menor independente do déficit hídrico. Estudos realizados com *Tabebuia aurea* (Cabral et al. 2004) em estresse hídrico severo mostraram que o peso seco da parte aérea foi reduzido. Provavelmente porque ocorreu baixa produção de fotoassimilados causada pela redução na disponibilidade de água para as plantas (Matsui & Singh, 2003).

Os indivíduos da espécie *J. cuspidifolia* tiveram melhores resultados após a retomada da irrigação ultrapassando o ponto de murcha permanente da maioria das plantas que segundo Slatyer (1967), Veihmeyer & Hendrickson (1949) é de -1,5 MPa. O ponto de murcha permanente é atingido quando a umidade do solo proporciona a murcha irreversível das plantas. *A. falcata* que produziram poucas folhas nos tratamentos com déficit hídrico mais severo não ocorreu a produção de novas folhas. Estudo realizado com *Spondias tuberosa* Arr. Cam. e *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Barbosa 1989) mostram que a queda das folhas dessas espécies acontece no período seco e a produção de novas folhas ocorre no início do período chuvoso.

Conclusão

Após a reidratação os indivíduos da espécie *J. cuspidifolia* se mostraram mais tolerantes que os indivíduos da espécie *A. falcata*. As espécies estudadas têm eficientes adaptações ao estresse hídrico.

Referências

Barbosa DCDA, Alves JLDH, Prazeres SDM, Paiva AMA. 1989. Dados fenológicos de 10 espécies arbóreas de uma área de caatinga (Alagoinha-PE). **Acta Botanica Brasílica**, 3:109–117.

- Barros LM, Barbosa DCA. 1991. Quebra de dormência em sementes de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Leguminosae-Mimosoideae. **Biologica Brasílica**, 3:156–164.
- Benincasa MMP. 2003. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2 ed Jaboticabal: Funep, 41p.
- Bergamaschi H. 1992. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**, 2:25–32.
- Cabral EL, Barbosa DCDA, Simabukuro EA. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore submetidas a estresse hídrico. **Acta botânica brasílica**, 18:241–251.
- Carvalho PER. 2003. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, Embrapa Florestas, 1039p.
- Faria SD, Franco AA, Campello EFC, Silva ED. 1998. **Recuperação de solos degradados com leguminosas noduladas e micorrizadas**. Documentos da Embrapa-CNPAB, 23p.
- Figueiroa MF, Barbosa DCC Simabukuro CA. 2004. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasílica**, 18:573–580.
- Franco AC. 1998. Seasonal patterns of gas exchange, water relations and growth of *Roupala montana*, an evergreen savanna species. **Plant Ecology**, 69–76.
- Guedes RS, Alves EU, Viana JS, Gonçalves EP, De Lima CR, dos Santos SDRN. 2013. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, 23:45–53.
- Hoagland DR, Arnon DI. 1950. The water culture method for growing plants without soils. **California Agricultural Experimental Station**, Berkeley, 347p.
- IPCC. 2007. Climate Change: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK.
- Lorenzi H. 1998. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 352p.

- Matsui T, Singh BB. 2003. Root characteristics in cowpea related to drought tolerance at the seedling stage. **Experimental Agriculture**, 39:29–38.
- Mattos JLS, Gomide JAM, Huaman CA. 2005. Crescimento de espécies de *Brachiaria* sob déficit hídrico e alagamento a campo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:755–764.
- Moles AT, Westoby M. 2004. Seedling survival and seed size: a synthesis of the literature. **Journal of Ecology**, 92:372–383.
- Morais HC, Diniz IR, Baumgarten L. 1995. Padrões de produção de folhas e sua utilização por larvas de Lepidoptera em um cerrado de Brasília. **Revista Brasileira de Botânica** 18:163–170.
- Oliveira PE. 1998. Fenologia e Biologia Reprodutiva das Espécies de Cerrado. In: Sano, S.M.; Almeida SP. Cerrado: ambiente e flora. EMBRAPA-CPAC, **Planaltina**, 169–192.
- Oliveira PEAM de. 2008. Fenologia e biologia reprodutiva das espécies do cerrado. **Cerrado: Ecologia e Flora**, 9:275–286.
- Oliveira-Filho AT, Ratter JA. 2002. Vegetation physiognomies and wood flora of the bioma Cerrado. In: The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical Savanna. (Eds.). New York: **Columbia University Press**, 91–120.
- Pelegrini LL, Borcioni E, Nogueira AC, Koehler HS, Quoirin MGG. 2013. Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. **Ciência Florestal**, 23:511–519.
- Pezzopane CDG, Santos PM, Cruz PGD, Altoé JRFA, Valle CBD. 2014. Estresse por deficiência hídrica em genótipos de *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, 45:871–876.
- Pimentel C. 2004. **A relação da água com a planta**. Seropédica: Edur.
- Rego SS, Ferreira MM, Nogueira AC, Grossi F, de Sousa RK, Brondani GE, da Silva ALL. 2011. Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Velloso) Brenan. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 2:37–42.
- Scalon SDPQ, Mussury RM, Scalon Filho H, Francelino CSF, Florencio DKA. 2006. Armazenamento e tratamento pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). **Revista Árvore**, 30:179–185.

Silva EC, Nogueira RJMC, Neto ADA, Brito JZ, Cabral EL. 2004. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Serie Botânica**, 59:201–205.

Slatyer RO. 1967. **Plant-water relationships**. London: Academic Press, 366p.

Taylor AG, Harman GE. 1990. Concepts and Technologies of selected seed treatments. **Annual Review Phytopathology**, 28:321–339.

Veihmeyer VJ, Hendrickson AH. 1949 Methods of measuring field capacity and wilting percentage of soils. **Soil Science**, Baltimore, 68:75–94.

Villagra PE, Cavagnaro JB. 2006. Efeitos do estresse hídrico no crescimento de mudas de *Prosopis argentina* e *Prosopis alata*. **Journal of Arid Environments**, 64:390–400.

Villela FA, Doni Filho L, Sequeira EL. 1991. Tabela de Potencial Osmótico em Função da Concentração de Polietileno glicol 6.000 e da Temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 26:1957–1968.

Yin CY, Wu X, Duan BL, Luo JX, Li CY. 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric *Populus* species as affected by water stress. **Environmental and Experimental Botany**, 53: 315–322.

Tabela 1. Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz, peso da parte aérea e raiz, razão parte aérea/raiz e número de folhas após a reidratação de mudas de *Jacaranda cuspidifolia* cultivadas após 24 dias com potenciais hídricos e coeficiente de variação (C.V.).

Tratamentos (MPa)	N° de folhas	Parte aérea (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Raiz (cm)	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Razão parte aérea/raiz (g)	N° de folhas após a reidratação
0,0	22,16a	34,33a	4,40a	15,75a	3,41a	2,10a	2,16a	22,33a
-0,4	13,66ab	32,66a	3,80a	16,71a	2,31ab	2,05a	1,96a	13,33ab
-0,8	9,50b	30,83a	3,50a	17,11a	1,71ab	3,55a	1,81a	9,66b
-1,2	5,30b	28,51a	3,33a	21,50a	1,75ab	4,21a	1,53a	11,00b
-1,6	7,50bc	27,50a	3,23a	16,20a	1,47ab	2,76a	1,70a	5,50b
-2,0	0,83c	23,96a	3,21a	17,31a	0,96b	1,53a	1,37a	3,50b

Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Valores médios do número de folhas, diâmetro do caule, comprimento da raiz, peso da parte aérea e raiz, razão parte aérea/raiz e número de folhas após a reidratação de mudas de *Anadenanthera falcata* cultivadas após 24 dias com potenciais hídricos e coeficiente de variação (C.V.).

Tratamentos (MPa)	N° de folhas	Parte aérea (cm)	Diâmetro do caule (mm)	Raiz (cm)	Parte aérea (g)	Raiz (g)	Razão parte aérea/raiz (g)	N° de folhas após a reidratação
0,0	8,33a	35,71a	2,46a	17,15a	2,65a	3,36a	2,07a	5,83a
-0,4	1,00b	28,90a	2,23a	18,58a	0,88b	3,98a	1,57a	2,5ab
-0,8	0,16b	32,68a	2,68a	18,08a	1,23b	5,25a	1,80a	2,33b
-1,2	0,16b	26,53a	2,53a	15,20a	1,16b	4,78a	1,75a	0,33b
-1,6	2,00b	29,25a	2,11a	15,65a	1,05b	3,35a	1,88a	0,00b
-2,0	0,00b	28,41a	1,90a	15,78a	0,60b	3,36a	1,64a	0,00b

Médias na mesma coluna, seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

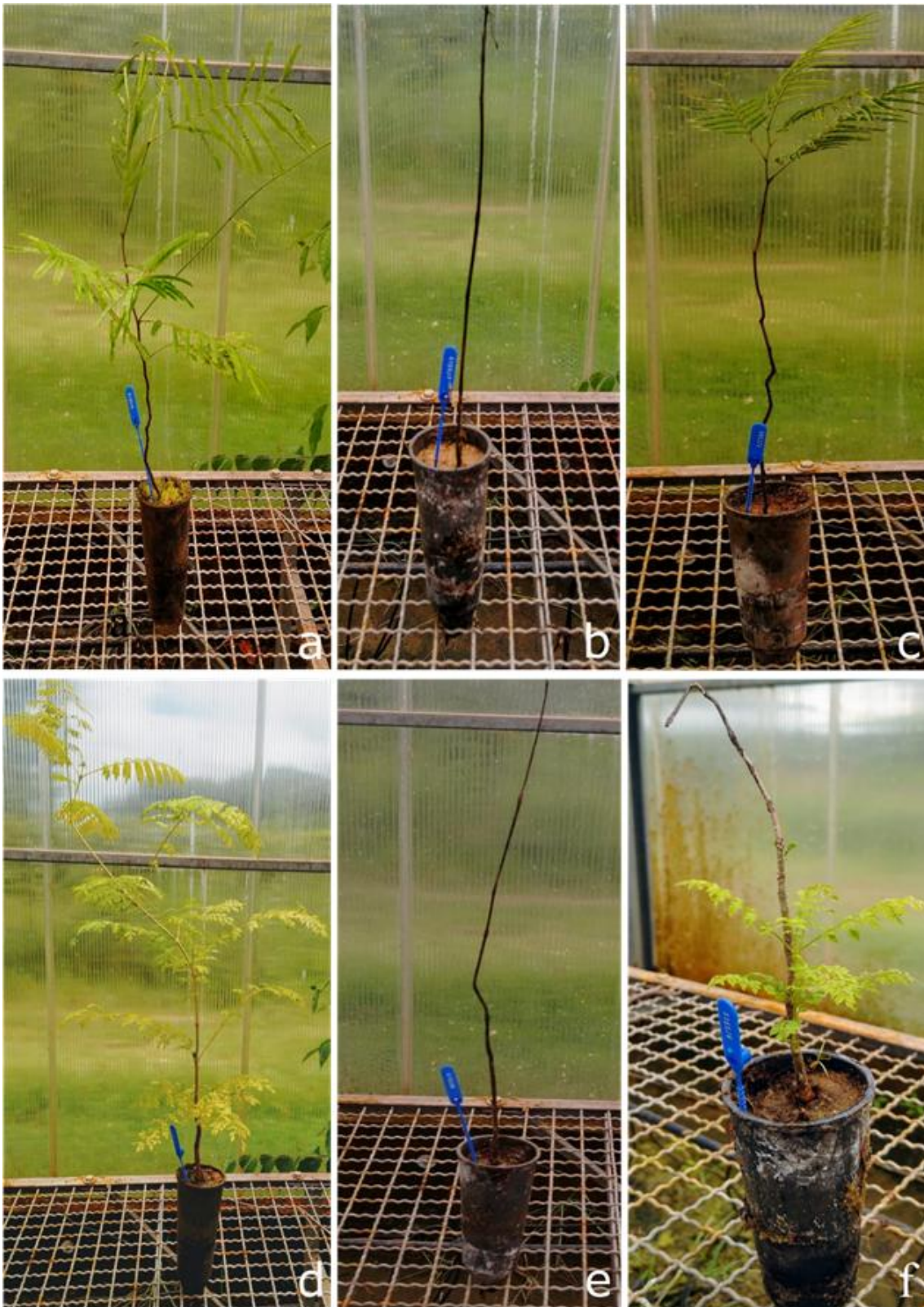


Figura 1.

Anadenanthera falcata antes (A), após o déficit hídrico (B) e após a reidratação (C). *Jacaranda cuspidifolia* antes (D), após déficit hídrico (E) e após a reidratação (F).