

XXX CBA CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA

12 à 15
SETEMBRO DE 2017
FORTALEZA - CE

Metabolismo do carbono em Progênies de Cupuaçuzeiro submetida à Deficiência Hídrica. ⁽¹⁾

Júlia Karoline Rodrigues das Mercês⁽²⁾; Juscelino Gonçalves Palheta⁽³⁾; Rafael Moysés Alves⁽⁴⁾; Roberto Lisboa Cunha⁽⁴⁾; Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁽⁵⁾; Susana Silva Conceição⁽⁶⁾;

(1) Trabalho executado com recursos de UFRA e EMBRAPA;

(2) Estudante; Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA); Capitão Poço, Pará; juliakaroline.j@hotmail.com; (3) Estudante de Mestrado em Ciências Florestais; UFRA; Belém, Pará; juscegoncalves@hotmail.com; (4) Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Belém, Pará; rafael-moyses.alves@embrapa.br; (4) Pesquisador; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; Belém, Pará; roberto.cunha@embrapa.br; (5) Professor Dr; UFRA; Belém, Pará; candido.neto@ufra.edu.br; (6) Estudante de doutorado em Ciências Florestais; UFRA; Belém, Pará; su_tseliot@yahoo.com.br.

RESUMO: Na Amazônia a distribuição de chuva é irregular, sendo comum a ocorrência de períodos secos definido, sabendo que a restrição hídrica promove queda na produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito da deficiência hídrica sobre o potencial hídrico foliar, concentrações de amido, carboidratos solúveis totais e sacarose, em progênies de *T. grandiflorum* expostas a 16 dias de restrição hídrica. O experimento foi realizado na casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental. As mudas foram cultivadas em sacos plásticos, preenchidos com 8 kg de substrato previamente adubada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x7. Cada tratamento estava representado, por cinco repetições, totalizando 70 unidades experimentais. Foi realizada análise de variância nos resultados e quando ocorreu diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o programa "SAS". A progênie 1074 foi a que apresentou maior sensibilidade à restrição hídrica, com redução significativa de 2.438% do potencial hídrico foliar. No entanto, As progênies 32 e 42 apresentou redução significativa da concentração de amido de 57% e 82 % para as folha respectivamente, já para a raiz as progênies 57, 215 e 1074 a redução foi de 82%, 76% e 69% respectivamente. Por tanto, a deficiência hídrica de 16 dias, em progênies de *Theobroma grandiflorum* promoveu diminuição do potencial hídrico foliar e de amidos. Ao mesmo tempo, houve aumento da concentração de carboidratos solúveis totais e sacarose em todas as progênies submetidas à restrição hídrica.

Termos de indexação: Restrição, concentração, estresse hídrico.

INTRODUÇÃO

As plantas estão sujeitas a vários tipos de estresse ambientais que podem afetar seu crescimento e desenvolvimento, e dentre estes podemos destacar a deficiência hídrica, por se tratar de um fator extremamente limitante da produção agrícola. A restrição hídrica ocorre quando o teor de água para as raízes torna-se limitado ou quando a taxa de transpiração excede a taxa de absorção de água do solo (Reddy et al., 2004). Neste contexto, ocorre diminuição da turgescência celular, com redução do desenvolvimento da área foliar, originando decréscimos na produção, partição e alocação de fitomassa, afetando o metabolismo e crescimento da planta (Silva et al., 2010). Além de alterar vários processos

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



XXX CBA CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA

12 à 15
SETEMBRO DE 2017
FORTALEZA - CE

fisiológicos e bioquímicos.

O Cupuaçuzeiro [*Theobroma grandiflorum* (Willdenow ex Sprengel) Schumann] é uma árvore frutífera da Amazônia, pertencente à família Malvaceae. É uma espécie encontrada em estado silvestre ou cultivada em toda a Amazônia brasileira. O Estado do Pará possui a maior área plantada de Cupuaçuzeiro no País, com 12 mil hectares, e, o município de Tomé Açu desponta como o maior produtor nacional (Sagri-PA, 2016). Tal espécie é de extrema importância econômica para a região, sendo sua polpa empregada no preparo de sucos, doces, bolos, pudins, cremes, bombons, sorvetes, licores e bebidas lácteas etc.

No entanto, cultivo do Cupuaçuzeiro na região Norte vem sendo implantado em locais com os menores índices pluviométricos na região, com intuito de prevenir o surgimento de doenças. Contudo, existe carência de estudo relacionada aos comportamentos fisiológicos e bioquímicos dessa espécie em situação de deficiência hídrica. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi analisar o efeito da deficiência hídrica sobre o potencial hídrico foliar, concentrações de amido, carboidratos, sacarose e açúcares redutores em setes progênies de *T. grandiflorum* expostas a 16 dias de restrição hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e condução do experimento

O experimento foi realizado no período de março a novembro de 2016, na casa de vegetação da Embrapa Amazônia Oriental. O clima do local segundo Köppen, é o Af com temperatura média anual de 26 °C, com pluviosidade de 2.754,4 mm (Nechet, 1993).

Foram utilizadas setes progênies de Cupuaçuzeiro nesta pesquisa, oriundas de sementes de clones parentais do cultivar BRS Carimbó. As mudas foram preparadas a partir de sementes retiradas de frutos maduros, 22 dias após a semeadura, as progênies foram repicadas para os sacos plásticos, com dimensão de 20 x 45 cm, preenchidos com 8 kg de substrato preparado através de mistura do solo com esterco, na proporção de 3:1, respectivamente. Posteriormente, foi realizada a casualização e distribuição das mudas em bancada onde ficaram em crescimento e aclimatação. A partir do oitavo mês, as plantas foram submetidas a dois regimes hídricos: com restrição hídrica e sem restrição (controle) por 16 dias.

Avaliações Fisiológicas e Bioquímicas

Para a determinação do potencial hídrico foliar obedeceu à metodologia preconizada por DaMatta et al. (1993). Para a determinação da concentração do amido, obedeceu à metodologia preconizada por Hodge & Hofreiter, (1962). Para a determinação da concentração de carboidratos solúveis totais, obedeceu ao método proposto por Dubois et al. (1956). A determinação da concentração da sacarose obedeceu à metodologia preconizada por Van Handel (1968).

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x7 totalizando 14 tratamentos, sendo analisados como fator A (os dois regimes hídricos) e como fator B (Progênies). Cada tratamento estava representado, por cinco repetições, totalizando 70 unidades experimentais. Os resultados das análises foram submetidos aos testes de Shapiro – Wilks e Levene, para verificação da normalidade e homocedasticidade dos dados. Posteriormente os dados foram submetidos a apreciações estatísticas, e quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o programa “Statistical Analysis System”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potencial hídrico foliar

O potencial hídrico é empregado como parâmetro para analisar o status hídrico da planta, explicando os fluxos de água no sistema Solo - Planta - Atmosfera. A análise de variância revelou efeito significativo ao teste Tukey ($p < 0,05$), em folhas (**Figura 1**) de *T. grandiflorum*, para interação dos fatores entre os tratamentos para o teor de potencial hídrico antemanhã (Ψ_m). As progênies controle apresentaram valores

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



correspondente a 32 (- 0,16 MPa), 42 (- 0,18 MPa), 46 (- 0,18 MPa), 47 (- 0,15 MPa), 57 (- 0,12 MPa), 215 (- 0,18 MPa) e 1074 (-,13 MPa). No entanto, as plantas submetidas à restrição hídrica variaram de 32 (-2,5 MPa), 42 (-1,3 MPa), 46 (-2,5 MPa), 47(-1,8 MPa), 57 (-1,4 MPa), 215 (- 2,5 MPa) e 1074 (-3,3 MPa). Dessa forma, o estresse hídrico promoveu decréscimo significativo no Ψ_m (Figura 5) de 1.462%, 622%, 1.288%, 1.100%, 1.066%, 1.288% e 2.438% respectivamente, em relação às progênes controle.

A deficiência hídrica reduziu o status hídrico de todas as progênes provocando diminuição do Ψ_w foliar. Isso ocorre porque a baixa disponibilidade de água no solo pode ocasionar a decomposição das raízes (Taiz & Zaiger, 2013), diminuição da permeabilidade da membrana, perda da turgescência celular e desidratação dos tecidos (Ulisses, 2016) e conseqüentemente a redução do processo metabólico da planta (Taiz & Zaiger, 2013). A redução do Ψ_m também pode estar relacionada à perda de água por evapotranspiração, devido à ausência de luz e a alta umidade, e nessa situação um equilíbrio no sistema solo - planta - atmosfera é alcançado.

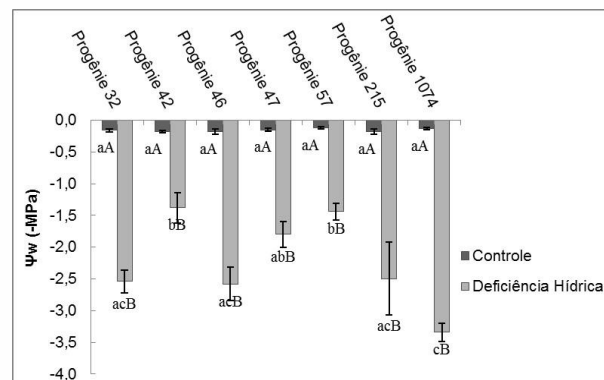


Figura 1 - Potencial hídrico Antemanhã em folhas de progênes de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

Concentração do amido

O resultado das análises de variância referente à concentração de amido em folhas e raízes de *T. grandiflorum*, identificou diferença estatística significativa ($P < 0,05$) para interação dos fatores entre os tratamentos. Em tecido foliar (**Figura 2a**), foi encontrada redução significativa no teor de amido, nas progênes 32 e 42 para plantas submetidas à irrigação com valores de 0,066 e 0,069 mmol de GLU. g^{-1} respectivamente. Já para as plantas submetidas à deficiência hídrica as médias foram de 0,028 e 0,012 mmol de GLU. g^{-1} respectivamente, ou seja, uma redução de 57,5% e 82,6% quando comparada as plantas controle.

Para o tecido radicular (**Figura 2b**), foi possível observar uma redução significativa no teor de amido. A concentração desse carboidrato nas progênes 57, 215 e 1074 sob controle foram de 0,164, 0,16 e 0,14 mmol de GLU. g^{-1} , enquanto que para as plantas submetidas à deficiência hídrica os valores alternaram de 0,029, 0,037 e 0,043 mmol de GLU. g^{-1} respectivamente, ou seja, uma redução na concentração de 82,%, 76,8% e 69,2% respectivamente, quando comparado à controle.

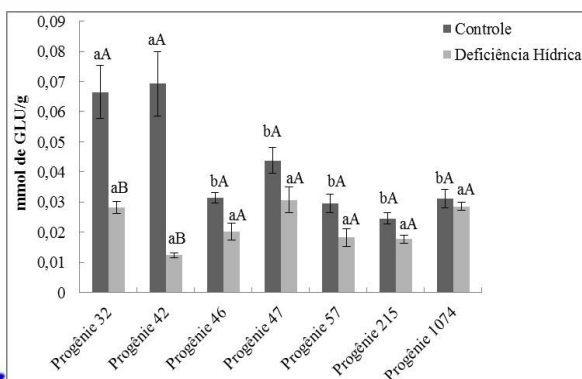


Figura 2a - Concentração do amido em folhas de progênes de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

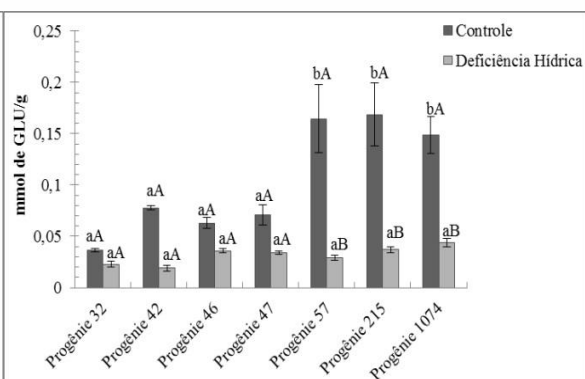


Figura 2b - Concentração do amido em raízes de progênes de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

XXX CBA CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA

12 à 15
SETEMBRO DE 2017
FORTALEZA - CE

A redução do teor de amido em folhas e raízes de *T. grandiflorum* pode ter ocorrido devido à diminuição da fotossíntese e aumento da degradação do amido, através da ação das enzimas α e β amilase, originando novos carboidratos, promovendo o ajustamento osmótico nas células vegetais (Freitas, 2014). A diminuição do teor de amido em tecido vegetal, também pode estar relacionada à mobilização do açúcares para a produção de sacarose. O resultado deste trabalho é semelhante ao encontrado pelo autor em outras cultivares exposta a deficiência hídrica (Grisi, 2008).

Carboidratos Solúveis Totais

Considerando análise de variância, não foi possível observar diferença estatística para a interação dos fatores na concentração carboidrato solúveis totais em tecidos foliares (**Figura 3a**), havendo somente diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade para o tratamento 1 (condição hídrica). As progêneses sob controle 32, 42, 46, 47 e 57 apresentaram teores de carboidratos de 0,60, 0,55, 0,58, 0,60 e 0,59 respectivamente, já para as plantas submetidas à deficiência hídricas os valores foram de 0,75, 0,77, 0,77, 0,75 e 0,75 mg de CST.g⁻¹ MS respectivamente, representando um aumento de CST de 25%, 40%, 32% 25% e 27% respectivamente comparada a progêneses controle.

Em tecido radicular (**Figura 3b**), foi encontrada diferença significativa para interação dos fatores no teor de carboidratos. Para as progêneses 32, 42 e 46 submetidas à irrigação os valores foram de 0,33, 0,38 e 0,36 mg de CST.g⁻¹ MS respectivamente. Enquanto para plantas submetidas à deficiência hídricas valores corresponderam a 0,68, 0,81 e 0,74 mg de CST.g⁻¹ MS respectivamente, ou seja, representando um aumento de 106%, 113% e 105% quando comparada as plantas controle.

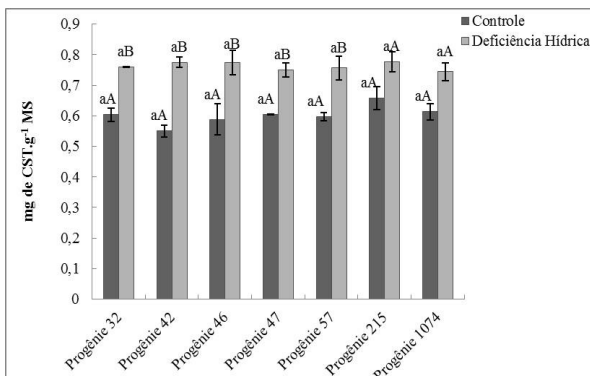


Figura 3a – Concentração carboidrato solúveis totais em folhas de progêneses de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

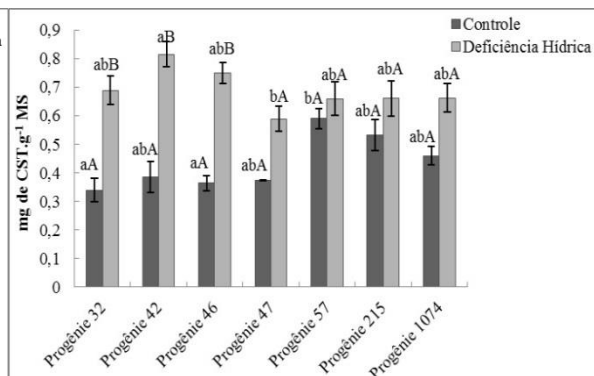


Figura 3b – Concentração carboidrato solúveis totais em raízes de progêneses de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

O aumento da concentração de carboidratos, em progêneses de cupuaçuzeiro submetido à deficiência hídrica pode ter ocorrido em função da desidratação do tecido celular, e conseqüentemente redução da concentração do amido. Além disso, a queda da taxa fotossintética pode promover a neutralização do crescimento celular, restringindo a síntese do carboidrato para exportação, proporcionando o acúmulo desse metabolito nos tecidos vegetais (Hayat et al., 2012). No entanto, o acúmulo de CST também pode ter ocorrido em resposta à ação da enzima amilase, que atua degradando o amido em carboidratos. A degradação da sacarose também pode contribuir para o acúmulo de CST em plantas em condição de seca, através da ação da enzima invertase que libera hexose que serão utilizadas em processos anabólicos ou catabólicos, podem proporcionar o acúmulo de carboidratos no tecido vegetal quando não utilizado no referido processo (Chaves Filho & Stacciarini-Seraphin, 2001).

Concentrações de Sacarose

O resultado da análise de variância, referente concentração de sacarose em folhas e raízes de *T. grandiflorum*, identificou diferença estatística significativa ao nível de 5% para interação dos fatores entre os tratamentos. Em tecido foliar (**Figura 4a**), foi encontrada aumento significativa para interação dos

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



XXX CBA CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA

12 à 15
SETEMBRO DE 2017
FORTALEZA - CE

tratamentos no teor de sacarose para as progênies 42, 46 e 1074, com valores correspondendo a 6,6, 5,7 e 7,1 mg de sacarose/g MS nas plantas controles respectivamente, já para as plantas submetidas à deficiência hídrica os valores foram de 12,5, 17,4 e 10,1 mg de sacarose/g MS respectivamente, ou seja, houve um incremento no teor de sacarose de 89%, 205% e 42,2% respectivamente, comparada as plantas controle.

Para a raiz (**Figura 4b**) de *T. grandiflorum*, foi possível observar aumento no teor de sacarose nas progênies 32, 215 e 1074 com valores referente a 7,5, 5,3 e 6,5 mg de sacarose/g MS, nas plantas submetida à irrigação. Já para as plantas sob deficiência hídrica, a concentração de sacarose foi de 10,3, 10,4 e 8,2 mg de sacarose/g MS respectivamente, ou seja, um aumento concentração equivalente a 32,3%, 96,2% e 26,1%, respectivamente, em relação à planta controle.

O aumento na concentração de sacarose em folha e raízes de Cupuaçuzeiro pode ter ocorrido em função da redução do crescimento vegetal, com diminuição da exportação dos assimilado. No entanto, outro processo envolvido para acúmulo de açúcar em plantas em condição de deficiência, pode estar relacionado à redução da fotossíntese e a quebra do amido através da enzima α e β -amilase em açúcares (Oliveira Neto, 2010). Para Lee et al. (2008), o acúmulo de carboidratos como a sacarose em plantas em condição de deficiência hídrica ocorre em função da hidrólise de amido.

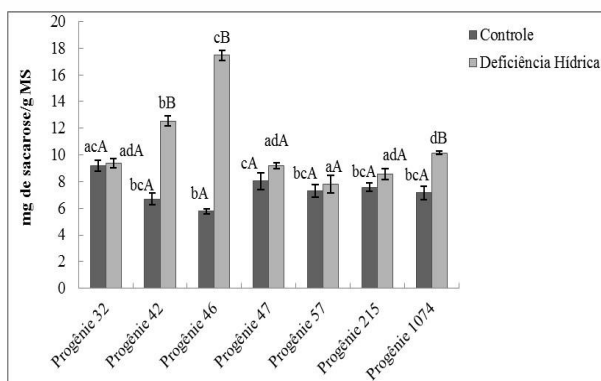


Figura 4a – Concentração de sacarose em folhas de progênies de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

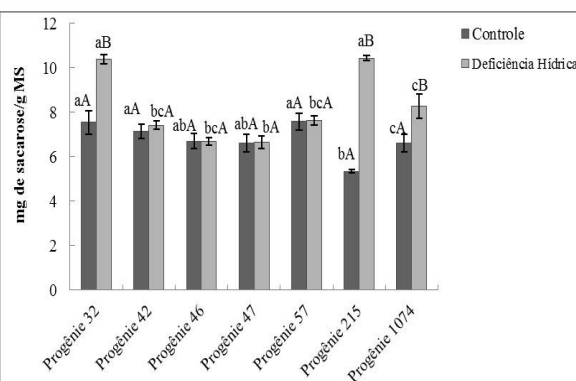


Figura 4b – Concentração de sacarose em raízes de progênies de *T. grandiflorum*, medidos aos 16 dias após a imposição da deficiência hídrica.

CONCLUSÕES

A deficiência hídrica de 16 dias, em progênies de *Theobroma grandiflorum* promoveu diminuição no potencial hídrico foliar e concentrações de amidos, ao mesmo tempo houve um incremento no teor de carboidratos solúveis totais e sacarose em todas as progênies submetida à restrição hídrica.

REFERÊNCIAS

CHAVES FILHO, J. T. & STACCIARINI-SERAPHIN, E. Alteração no potencial osmótico e teor de carboidratos solúveis em plantas jovens de lobeira (*Solanum lycocarpum* St.-Hil.) em resposta ao estresse hídrico. Revista Brasileira de Botânica, São Paulo, 24, 2:199-204, 2001.

DAMATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S.; REGAZZI, A. J. Water relations of coffee leaves (*Coffea arabica* and *C. canephora*) in response to drought. J. Hort. Sci, 68:741-746, 1993.

DUBOIS, M.; GILES, K. A.; HAMILTON, J. K.; ROBERS, P. A.; SMITHANAL, F.; CHEM. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry. 28, 3:350-356, 1956.

FREITAS, J. M. N. *Comportamento ecofisiológico e bioquímico de plantas jovens de acapu (Vouacapoua americana Aubl.) submetidas à deficiência hídrica.* 102. f.102. Tese (Doutorado) Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2014.

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



XXX CBA CONGRESSO BRASILEIRO DE AGRONOMIA

12 à 15
SETEMBRO DE 2017
FORTALEZA - CE

GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M. de OLIVEIRA, C. de BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. de. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café 'catuaí' e 'siriema submetidas ao estresse hídrico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 32, 6:1730-1736, 2008.

HAYAT, S.; HAYAT, Q.; ALYEMENI, M. N.; WANI, A. S.; PICHTEL, J.; AHMAD, A. Role of proline under changing environments: A review *Plant Signaling e Behavior*, Austin, 7, 11:1456-1466, 2012.

HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, J. E.; WOLFROM, M. L. (Ed.). *Methods in carbohydrate chemistry*. New York: Academic Press, 1:380-394, 1962.

LEE, B. R.; JIN, Y. L.; JUNG, W. J.; AVICE, J. C.; MORVAN-BERTRAND, A.; OURRY, A.; PARK, C. W.; KIM, T. H. Water-deficit accumulates sugars by starch degradation - not by de novo synthesis - in white clover leaves (*Trifolium repens*). *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 134:403-411, 2008.

OLIVEIRA NETO, C. F. Crescimento, alterações ecofisiológicas e bioquímicas em plantas jovens de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas à deficiência hídrica e ao alagamento. 93 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, Belém, 2010.

OLIVEIRA, L. J.; SILVA, S. M.; NETTO, A. P. C.; SILVA, S. M.; SILVA, F. M. S. M. Características agronômicas e atividade da redutase do nitrato em plantas de *Campomanesia* sp. sob estresse hídrico, *Revista Agrarian*, 4: 43-53. 2011.

REDDY, A. R.; CHAITANYA, K.V.; VIVEKANANDAN, M. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 161:1189-1202, 2004.

SAGRI. A fruticultura no Estado do Pará. Disponível em: http://www.sagri.pa.gov.br/files/pdfs/SEB_Cartilha_Frutal_18x21cm_OUT11_FINAL.pdf. Acesso em: 11 de Novembro de 2016.

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

SILVA, E. N. da; FERREIRA-SILVA, S.L.; VIÉGAS, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. The role of organic and inorganic solutes in the osmotic adjustment of drought-stressed *Jatropha curcas* plants. *Environmental and Experimental Botany*, 69:279-285, 2010.

ULISSES, E. A. dos. Respostas morfofisiológicas de genótipos de cana-de-açúcar e cana energia sob diferentes regimes hídricos na fase inicial de crescimento. 2016. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo- AL. 2016.

VAN HANDEL, E. Direct microdetermination of sucrose. *Analytical Biochemistry*, 22:280-283, 1968.

PROMOÇÃO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO

