



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS
VEGETAIS – PPG-RGV

MAYANA MATOS DE OLIVEIRA SANTOS

**ASPECTOS MORFOANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE
PLANTAS JOVENS DE AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr.
All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

Feira de Santana – BA

2015

MAYANA MATOS DE OLIVEIRA SANTOS

**ASPECTOS MORFOANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS DE
PLANTAS JOVENS DE AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr.
All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito para obtenção do título de DOUTOR em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof. Dra. Claudinéia Regina Pelacani Cruz

Co-orientador: Prof. Dr. Lenaldo Muniz de Oliveira

Prof. Dr. Manoel Teixeira de Castro Neto

Feira de Santana – BA

2015

Santos, Mayana Matos de Oliveira

S236a Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de plantas jovens de
amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All. A. C. Smith) e umbuzeiro
(*Spondias tuberosa* Arr. Com.) / Mayana Matos de Oliveira Santos. – Feira
de Santana, 2015.

90 f.: il.

Orientadora: Claudinéia Regina Pelacani Cruz.

Co-orientadores: Lenaldo Muniz de Oliveira e Manoel Teixeira de

Castro Neto.

“Aos meus pais, Cosme e Raimunda, pelo amor, representado pelo carinho, compreensão, cumplicidade e suporte, ofereço.”

“A família que construí: Meu esposo João Neto e meu filhote João Guilherme, minha prioridade absoluta, a quem amo incondicionalmente, dedico.”

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela presença constante, pela misericórdia e força quando necessário. A ele, toda honra e toda glória!

A minha família, meus pais Cosme e Raimunda, meus irmãos Dayan e Hellen e meus sobrinhos/afilhados Lara e Pedro, por me ensinarem que o melhor da vida é ter família.

Aos meus grandes amores, João Neto e João Guilherme, pelo simples fato de existirem e assim tornar tudo mais saboroso.

Aos meus avós, Rosalvo (*in memorian*), Tereza (*in memorian*) e Ulisses (*in memorian*), que mesmo ausentes, são parte do que sou agora, e em especial a minha avó Laura, pelas orações e pelo amor tão grande que mesmo sem compreender o motivo desta caminhada, me apoiou.

Aos meus tios e tias, aos meus primos e primas, por fazerem parte de minha vida e das minhas melhores recordações.

A minha orientadora, Claudinéia Pelacani, por ter contribuído na minha formação profissional e pessoal, sempre solícita e humana.

Aos meus co-orientadores, Lenaldo Muniz (UEFS) e Manoel Texeira (UFRB), pelo suporte, zelo, paciência e companheirismo.

As minha amigas, Cintia, Elayne, Gabriela, Jamynne, Mariana e Verônica. Verdadeiros anjos, que sempre estiveram comigo nessa difícil jornada, na prática ou simplesmente com sorrisos generosos ou gargalhadas, que sempre amenizavam as atribulações.

A todos os amigos que fiz pela convivência no curso ou nos diversos trabalhos de laboratório e campo, Ariana, Cimille, Cintia, Fabiana, Josandra, Laura, Marcelo, Marilza, Micaela, Marisol, Natália, Natalina, Ronaldo, Verônica, Elayne, Israel, Mara, Paulinho.

Aos professores Fabiano Martins (UFRB), Marilza Nascimento (UEFS) e Rogerio Ribas (UFRB), pela generosidade. Mesmo não havendo obrigação, foram solícitos e contribuíram grandemente.

Aos meus professores, pela grandeza em transmitir seus conhecimentos.

A Universidade Estadual de Feira de Santana, por ampliar minha formação acadêmica.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de desenvolver parte do meu trabalho em suas instalações.

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

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho os meus sinceros agradecimentos. Que o Senhor Deus abençoe a cada um de vocês.

MUITO OBRIGADA!!!!

RESUMO

OLIVEIRA, M.M de. **Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de plantas jovens de amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. 90 p. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2015.

Os objetivos desse trabalho foram compreender a atuação do sistema radicular da amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) na manutenção do crescimento inicial e partição de fotoassimilados das mudas, e determinar a sua contribuição para a sobrevivência das espécies em situações de restrição hídrica. Para tanto, foram realizados estudos a cerca dos aspectos morfoanatômicos, do desenvolvimento inicial e padrões de partição de massa seca na produção de mudas, assim como levantamentos sobre suas trocas gasosas e quantificação e natureza dos compostos armazenados no sistema subterrâneo e folhas de plantas jovens submetidas à condições de restrição hídrica. Para as espécies em estudo, os drenos preferenciais são as raízes tuberosas, seguidos de ramos, folhas e raízes laterais. Inicialmente, as raízes tuberosas se comportam como um dreno de alta atividade, até que se conclua sua formação. As plantas de *S. tuberosa* apresentaram médias superiores as de *A. cearensis* para a maioria das variáveis de crescimento estudadas, com conseqüente crescimento e desenvolvimento mais acelerado. Os resultados demonstraram a interferência no crescimento inicial das plantas causada pela formação da raiz tuberosa, sendo este um órgão de reserva. O sistema radicular das espécies é formado por raízes tuberosas e raízes laterais delgadas. Os cortes transversais demonstraram que as raízes laterais delgadas apresentam periderme, córtex, câmbio e cilindro vascular, além de fibra de sustentação em ambas as espécies e estruturas secretoras apenas na *S. tuberosa*. O cilindro vascular das espécies é poliarco, sendo endarco e oco na *A. cearensis*, com parênquima medular evidente, e exarco e sólido na *S. tuberosa*. As raízes tuberosas das espécies apresentam câmbios adicionais. As espécies apresentam adaptações ao déficit hídrico, como o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, mecanismo de armazenamento de água e nutrientes em seu sistema radicular tuberoso e mecanismo de ajustamento osmótico. A introdução de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* pode ser recomendada para programas de restauração de áreas degradadas e manejo florestal.

Palavras-chave: Crescimento. Raiz Tuberosa. Déficit Hídrico. Fluorescência.

ABSTRACT

OLIVEIRA, M.M de. **Morphological and anatomical and physiological aspects of young plants of amburana (*Amburana cearensis* (FR. ALL.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. 90 p. Thesis (Ph.D. in plant genetic resources) - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, BA, 2015.

The objectives of this study were to understand the role of the root system of amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) in maintaining the initial growth and assimilates partition of seedlings, and determine its contribution to the survival of the species in water restriction situations. For this, studies have been conducted about the early development and dry matter partitioning patterns in the production of seedlings, as well as surveys of their gas exchange, morphological and anatomical aspects, quantification and nature of the compounds stored in the underground system and leaves of young plants submitted to water restriction. For the species under study, preferred drains are the tuberous roots, followed by branches, leaves and lateral roots. Initially, tuberous roots behave as a high activity drain, until it completes its formation. Plants of *S. tuberosa* showed higher average of the *A. cearensis* for most of the growth variables, with consequent growth and further development. The results showed interference in the initial plant growth caused by the formation of tuberous root, which is a storage organ. The root system of the species consists of tuberous roots and slender lateral roots. The cross-sections showed that the slender lateral roots have periderm, cortex, vascular cylinder and exchange, and fiber support in both species and secreting structures only in *S. tuberosa*. The cylinder vascular species is polyarc, being endarch and hollow in *A. cearensis* with obvious pith, and exarco and solid in *S. tuberosa*. The tuberous roots of species present additional exchanges. The species have adapted to drought, as the opening and closing mechanism of the stomata, water storage mechanism and nutrients in your tuberous roots and osmotic adjustment mechanism. The introduction of young plants of *A. cearensis* and *S. tuberosa* can be recommended for restoration programs of degraded areas and forest management.

Keywords: Growth. Tuberous roots. Hydride deficit. Fluorescence.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	11
REVISÃO DE LITERATURA	
Bioma caatinga.....	13
Aspectos gerais das espécies em estudo	14
Crescimento e partição de fotoassimilados.....	16
Déficit hídrico e mecanismos de tolerância	18
Referências.....	21
CAPÍTULO I: Morfoanatomia do sistema subterrâneo de plantas jovens de amburana (<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A. C. Smith) e umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.)	
Introdução	30
Material e Métodos	31
Resultados e discussão	32
Conclusão.....	40
Referências.....	40
CAPÍTULO II: Crescimento e partição de massa seca em plantas jovens de amburana (<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A. C. Smith) e do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.)	
Introdução	46
Material e Métodos	48
Resultados.....	49
Discussão	54
Conclusão.....	57
Referências.....	58
CAPÍTULO III: Aspectos fisiológicos de plantas jovens de amburana (<i>Amburana cearensis</i> (Fr. All.) A. C. Smith) e de umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Cam.)	
Introdução	64
Material e Métodos	66

Resultados e discussão	67
Conclusão.....	80
Referências.....	80
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
ANEXOS.....	87

INTRODUÇÃO GERAL

A América do Sul abriga cerca de 46% das florestas estacionais tropicais (deciduais e semi-deciduais) do mundo, que estão entre as mais ameaçadas pela degradação ambiental (SCARIOT & SEVILHA, 2000). No Brasil, as florestas estacionais deciduais ou matas secas estão distribuídas ao longo do Brasil Central (Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Tocantins), norte de Minas Gerais e Bahia (RIZZINI, 1997).

A caatinga é um exemplo de mata estacional, e neste bioma encontram-se plantas adaptadas fisiologicamente às condições de deficiência hídrica (SANTOS & CARLESSO, 1998), caracterizada pela baixa pluviosidade e aridez apresentada nesta região (KROL et al., 2001). Espécies como a amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) expressam este comportamento, apresentando caducidade no período de escassez de água (MAIA, 2004) e “tubérculos” em seu sistema radicular (RAMOS et al., 2004; GONÇALVES et al., 2006), que armazenam água e nutrientes, contribuindo para a sua sobrevivência a períodos prolongados de seca.

Esse tipo de comportamento ou respostas de adaptação tem sido pouco estudado em termos de potencialidade da caatinga, existindo espécies nesta área que sequer foram descritas e quase nada se sabe sobre seus aspectos fisiológicos (TROVÃO et al., 2004). Entretanto, correm o risco de serem extintas devido ao avanço do processo de devastação dos recursos naturais (LEAL et al., 2005).

Ações de conservação de populações de espécies nativas dependem de uma política adequada de proteção ambiental, resgate e conservação dos recursos genéticos, e também do desenvolvimento de métodos adequados para a propagação das diferentes espécies de interesse, visando sua conservação *in situ*, e reflorestamento de áreas degradadas (RIBEIRO & SILVA, 1996).

Desse modo, destaca-se a importância do conhecimento acerca do desenvolvimento inicial e padrões de partição de massa seca na produção de mudas, para recomposição de áreas degradadas. Assim como torna-se relevante levantamentos sobre suas trocas gasosas, aspectos morfoanatômicos, quantificação e natureza dos compostos armazenados no sistema subterrâneo e folhas de plantas jovens submetidas à condições de restrição hídrica para compreender os mecanismos de tolerância das espécies ao déficit hídrico, que são responsável pela sua sobrevivência e preservação.

Os objetivos desse trabalho foram compreender a atuação do sistema radicular da amburana e do umbuzeiro na manutenção do crescimento inicial e partição de fotoassimilados das mudas, e determinar a sua contribuição para a sobrevivência das espécies em situações de restrição hídrica.

REVISÃO DE LITERATURA

O BIOMA CAATINGA

A Caatinga é a vegetação predominante na região Nordeste (IBGE, 2005), cobrindo 54,53% dos 1.548.672 km² de área total (RODAL et al., 2002). Está compreendida entre os paralelos de 2° 54' S e 17° 21' S, inserida no semiárido, envolvendo áreas dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Piauí, Bahia e Minas Gerais (ANDRADE et al., 2005a).

O clima na região é semiárido, quente, com baixa pluviosidade (entre 250 e 800 mm anuais). Existem duas estações distintas durante o ano: a estação chuvosa, de 3 a 5 meses, com chuvas irregulares, torrenciais, locais, de pouca duração; e a época seca, de 7 a 9 meses, quase sem chuvas. A temperatura média fica entre 24 e 26°C e varia pouco durante o ano. A insolação é muito intensa, já que a região se situa próximo ao Equador. Na época sem chuvas, ocorrem ventos fortes e secos que contribuem para aridez da região (MAIA, 2004).

As espécies vegetais normalmente encontradas na caatinga apresentam características morfológicas e fisiológicas que permitem seu estabelecimento e sobrevivência nesse ambiente. Entre estas estratégias podemos destacar a perda das folhas e/ou diminuição da área foliar reduzindo a transpiração e perda de raízes superficiais, com proliferação das raízes mais profundas em direção ao solo úmido (TAIZ & ZEIGER, 2010). Outra adaptação é o armazenamento de água no caule, como acontece na barriguda e nas partes verdes, como observado nas cactáceas (mandacaru, facheiro, xique-xique, coroa-de-frade), ou nas raízes, como no umbuzeiro, amburana, pacoté e outras (MAIA, 2004).

Atualmente, cerca de 40% da área original é recoberta de vegetação nativa (SILVA & SAMPAIO, 2008). Entretanto, destaca-se a necessidade de conservação do bioma em face às ameaças em função de contínuos desmatamentos para estabelecer pastagens e utilização de técnicas de irrigação inadequadas, que intensificam a desertificação, o assoreamento dos rios e aceleram ainda mais o desgaste do solo (LEAL et al., 2005). Esse tipo de exploração em um ambiente pouco conhecido e complexo poderá levar o mesmo a um processo irreversível de degradação (SANTANA & SOUTO, 2006).

O bioma caatinga preserva uma biodiversidade ainda pouco conhecida com uma flora diversificada, rica em plantas medicinais, forrageiras e frutícolas, e devido sua multiplicidade de usos, a importância de sua vegetação é indiscutível. A exploração exercida neste meio tem relação direta com o grau de utilidade das espécies e, por ser essencialmente extrativista,

resulta em problemas graves para as espécies mais procuradas. Segundo Leal et al. (2005), a caatinga tem sido ocupada indevidamente pelo homem e sua degradação já pode ser constatada, com o ambiente alterado devido a construção de estradas, invasão de cidades, e boa parte foi transformada em pastagens, terras agricultáveis e outros tipos de uso intensivo do solo.

Frente a tais problemas, tem-se aumentado o número de projetos que visam a produção de mudas de espécies nativas em áreas de caatinga, como estratégia ao reflorestamento ou manutenção da atividade das indústrias que as utilizam como matéria prima, evitando a exploração extrativista destes recursos.

ASPECTOS GERAIS DAS ESPÉCIES EM ESTUDO

Em meio à diversidade de plantas encontradas no semiárido nordestino destacam-se a amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).

A. cearensis pertence à família Leguminosae e subfamília Papilionoideae. Recebe diversos nomes populares como amburana, amburana-de-cheiro, angelim, baru, cabocla, cerejeira, cerejeira-rajada, cumaré, cumaru-das-caatingas, cumaru-de-cheiro, cumaru-do-ceara, cumbaru, cumbaru-das-caatingas, emburana, emburana-de-cheiro, imburana, imburana-brava, imburana-cheirosa, imburana-de-cheiro, louro-ingá, umburana, umburana-de-cheiro, umburana-lisa, umburana-macho, umburana-vermelha (MAIA, 2004).

É uma árvore frondosa, que chega a atingir 10 a 12 m de altura (LORENZI, 1992). Seu caule é ereto, com casca lisa, de cor variável, amarelo-avermelhada e vermelho-pardacenta, soltando lâminas finas irregulares e transparentes. Suas folhas são compostas, alternas, imparipenadas, com 7 a 11 folíolos, pequenos, ovados, de ápice não agudo. As flores são branco-amareladas, miúdas e muito aromáticas, formam racimos axilares ou nas pontas dos ramos. O fruto é uma vagem de 7 a 9 cm de comprimento, achatada, quase preta por fora, amarela e lisa por dentro, contendo uma semente, esta tem 1 a 2 cm de comprimento, é achatada, rugosa e preta, de cheiro ativo e agradável de baunilha. A planta jovem desenvolve um grosso “tubérculo” carnoso e vermelho na raiz. Aos nove meses, o “tubérculo” atinge até 3 cm de diâmetro e emite numerosas raízes fibrosas, longas e finas. Este armazena água e ajuda a planta a sobreviver nos períodos críticos dos seus primeiros anos de vida (MAIA, 2004).

Sua madeira apresenta cor bege e castanho claro, com estrias mais claras, moderadamente dura e pesada (densidade de 0,60 g.cm³), e durável quando exposto a intempéries, com boa resistência em usos internos e ao ataque de fungos e insetos (MAIA, 2004). Por suas qualidades madeireiras, a amburana tem sido explorada até exaustão nos locais de ocorrência (HILTON- TAYLOR, 2000).

Esta espécie apresenta ainda propriedades medicinais, sendo a casca da árvore e as sementes utilizadas na produção de medicamentos populares (CANUTO & SILVEIRA, 2006). Perde as folhas durante a estação seca, e apresenta variação para a época de floração e frutificação de região para região, sendo que no nordeste, a floração ocorre anualmente após a perda das folhas, no início da estação seca, seguida pela frutificação, deixando as sementes prontas para germinar às primeiras chuvas da estação chuvosa (MAIA, 2004).

A espécie ocorre naturalmente nas regiões secas do Brasil, especialmente na caatinga, nos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais, na Floresta Pluvial do Vale do Rio Doce e nos afloramentos calcários e matas decíduas dos Estados de Mato Grosso, Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul e São Paulo (LORENZI, 1992).

S. tuberosa, pertence à família Anacardiaceae, e recebe como nomes populares: ambu, embu, imbu, ombu, imbuzeiro, ombuzeiro e umbu (MAIA, 2004). A planta de umbuzeiro atinge até 7 m de altura com diâmetro da copa variando de 10 a 15 m. O tronco apresenta-se atrofiado e retorcido de cor cinza, com ritidoma desprendendo-se em placas sub-retangulares. Suas folhas são compostas, alternas, pinadas, glabras quando adultas e folíolos ovalados. Suas flores são alvas, paniculadas, aromáticas e melíferas. Seu fruto é uma drupa medindo de 12 a 15 mm, pesando entre 10 a 20 gramas de cor esverdeada quando "de vez" e amarelo esverdeado quando maduro de sabor agridoce (LIMA, 1996). Segundo Maia (2004), no centro do fruto está um caroço com tamanho em torno de 2 cm, e contém a semente propriamente dita. A madeira é leve, mole e fácil de trabalhar, de baixa durabilidade natural. As raízes são superficiais, mas muito longas. Possuem órgãos de reserva conhecidos como "xilopódio", com cerca de 20 cm de diâmetro e até 4 kg de peso, e as numerosas substâncias nutritivas acumuladas neste são utilizadas pela planta nos períodos de estiagem.

É uma espécie típica das caatingas do nordeste brasileiro, ocorrendo desde o Ceará até o norte de Minas Gerais (LORENZI, 1992). O umbuzeiro perde totalmente as folhas durante o estio anual, mas logo após as primeiras chuvas reveste-se rapidamente de folhas. Sua floração tem início quase sempre um pouco antes das primeiras chuvas, quando a planta apresenta-se

ainda desfolhada, ou no início das chuvas quando já enfolhada. A frutificação ocorre no período chuvoso e é abundantíssima, durando aproximadamente dois meses (MAIA, 2004).

A pressão do extrativismo sobre esta espécie é forte. Cavalcanti et al. (2006) chamam atenção para estudos onde se têm observado a ausência de plantas jovens em seu ambiente natural, cuja causa tem sido atribuída à dificuldade de germinação das sementes do umbuzeiro, ao desmatamento desordenado e a utilização de sua madeira por carvoarias. Andrade et al. (1999) relatam que em um estudo de caracterização de populações de umbuzeiro no Cariri Paraibano, realizado em 4 municípios, foi encontrada apenas uma planta considerada como jovem. Segundo esses mesmos autores, essa ausência de plantas jovens evidencia que a espécie corre risco de desaparecer em algumas décadas se não forem tomadas medidas de preservação.

CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE FOTOASSIMILADOS

Para atenuar a degradação sofrida pelas formações florestais do Brasil torna-se necessário o desenvolvimento de estudos e programas para a regeneração desses ambientes. Alguns estudos têm sido dirigidos para recuperar tais ambientes, enfocando diferentes aspectos do desenvolvimento vegetal, como a fisiologia da germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de várias espécies de interesse florestal, entretanto, são ainda incipientes os estudos sobre a propagação e crescimento inicial (SCALON et al., 2001; ALMEIDA et al., 2004).

Muito utilizada em estudos do desenvolvimento inicial de plantas, a análise de crescimento é um método de grande utilidade para a avaliação das diferenças no comportamento de cultivares influenciadas por práticas agronômicas, efeitos de competição ou climáticos, e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (ANDRADE et al., 2005b; GUIMARÃES et al., 2008). Permite avaliar o crescimento total da planta e a contribuição dos diversos órgãos no desenvolvimento. A partir desse acompanhamento, pode-se inferir na atividade fisiológica e estimar com razoável precisão as causas de variação de crescimento das plantas geneticamente diferentes ou daquelas que crescem em diferentes ambientes (CAIRO et al., 2008).

Segundo Benincasa (2003), a análise de crescimento se baseia fundamentalmente no fato de que cerca de 90% em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do seu crescimento, resulta da atividade fotossintética, o restante é resultante da absorção de nutrientes minerais. Tal análise é feita medindo-se a área foliar e a massa seca total e de partes

(raízes, caules e frutos) da planta (KVET et al., 1971), utilizados também no cálculo de outros índices importantes.

O acúmulo de matéria seca e o incremento da área foliar, quantificados em função do tempo, são utilizados na estimativa de vários índices fisiológicos relacionados às diferenças de desempenho entre cultivares ou diferentes materiais da mesma espécie e das comunidades vegetais, nos diversos estudos ecofisiológicos. Normalmente, estes índices são a taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), a taxa assimilatória líquida (TAL), a razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e o peso específico da folha (PEF), dentre outros, segundo vários autores (REIS & MULLER, 1979; HUNT, 1982; PEREIRA & MACHADO, 1987; BENINCASA, 2003).

A TCA reflete a velocidade de crescimento da planta ao longo do período de observação, ou seja, o incremento entre duas amostragens, diferente da TCR, que mede o incremento ao longo de todo ciclo em função do peso inicial, cujo cálculo se baseia em valores de peso preexistentes. A TAL representa o balanço entre a fotossíntese e respiração, e pode ser positiva ou negativa, conforme as condições de meio e manejo as quais a planta é submetida. Representa ainda a eficiência do aparelho fotossintético, pois reflete o acréscimo em massa por unidade de área foliar por tempo. A RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, pois se trata da razão entre a área foliar, que é responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂, e a massa seca total, que por sua vez é o resultado da fotossíntese. A RPF representa a capacidade de translocação de fotoassimilados da parte aérea, onde estes são sintetizados, para o resto da planta. Quanto maior for esta razão, mais matéria seca estará retida nas folhas em detrimento a exportada, e menos eficiente é a translocação. A AFE é expressa pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas, e o inverso da AFE (massa seca das folhas/Área Foliar) é chamado PEF e são indicativos da espessura da folha (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008).

A partição de assimilados está relacionada à capacidade da planta em sintetizar fotoassimilados e alocar matéria seca nos diversos órgãos (MARENCO & LOPES, 2009). Compreende a alocação e a distribuição ou o transporte de assimilados de carbono (moléculas ou íons) para locais de consumo (pontos de demanda), visto que na planta, os produtos assimilados nos sítios de produção (tecidos fotossinteticamente ativos, “fontes”) são transportados continuamente para outros locais, onde serão consumidos ou estocados (zonas de crescimento, sementes, frutos e tecidos de deposição, “drenos”).

A distribuição da massa seca na planta é regulada pela força do dreno, termo usado para descrever a habilidade competitiva de um órgão em atrair assimilados (WOLSWINKEL, 1985), e é determinada não apenas pelo dreno em si, mas também pela fonte, rota e existência de outros drenos (MINCHIN et al., 1993). As relações fonte e dreno nas plantas respondem à desfolhação, estresse e à retirada de partes de órgãos como caules e raízes (LOESCHER et al., 1990). O sistema radicular das plantas arbóreas, frequentemente, representa uma importante região para armazenamento de reservas e a variação na alocação para as raízes pode representar um mecanismo alternativo na sobrevivência da planta (CANHAM et al., 1996), como no caso das espécies em estudo (MAIA, 2004).

DÉFICIT HÍDRICO E MECANISMOS DE TOLERÂNCIA

A água é o principal constituinte do tecido vegetal, representando 50% da massa fresca nas plantas lenhosas e cerca de 80 a 95% nas plantas herbáceas, sendo necessária como reagente no metabolismo vegetal, transporte e translocação de solutos, na turgescência celular, na abertura e fechamento dos estômatos e na penetração do sistema radicular (TAIZ & ZEIGER, 2010). A água é ainda responsável pela forma e estrutura dos órgãos, essenciais para o crescimento e desenvolvimento de diferentes culturas (LARCHER, 2000), de forma que todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos (MARTINS et al., 2010).

O déficit hídrico é caracterizado pela redução na disponibilidade de água para a planta, seja diretamente pela baixa pluviosidade ou por fatores indiretos, como salinidade e congelamento da água próxima a raiz, e redução da transpiração devido ao excesso de calor nas folhas, entre outros, que dificultam a absorção de água pelas raízes, tornando-a indisponível (TAIZ & ZEIGER, 2010). O principal fator que causa estresse por falta de água nas plantas é a seca, decorrente da baixa pluviosidade (VALLIOYODAN & NGUYEN, 2006), principalmente em regiões semi-áridas e áridas, que segundo Turner (1986) determina mudanças adaptativas na biota da região.

Plantas submetidas ao déficit hídrico, normalmente, desenvolvem estratégias que permitem seu estabelecimento e sobrevivência, como resposta aos problemas fisiológicos causados pela deficiência de água, levando a expressão de conjuntos de genes envolvidos na aclimação e adaptação ao estresse. Quanto maior o grau de tolerância ao estresse hídrico, mais aclimatada aquela condição. Porém adaptação se refere a um nível de resistência geneticamente determinado, adquirido por processos de seleção durante muitas gerações.

Dessa forma, a adaptação e aclimação ao estresse ambiental resultam de eventos integrados que ocorrem em todos os níveis de organização, desde o anatômico e morfológico até o celular, bioquímico e molecular (TAIZ & ZEIGER, 2010).

As plantas podem desenvolver três tipos de mecanismos de defesa à seca, sendo estes: “evitar”, “tolerar” e “escapar”. Quando as plantas fecham os estômatos e aprofundam o seu sistema radicular para explorar um volume maior de solo, diminuindo o tamanho das células e aumentando o espessamento das paredes celulares e a cerosidade da cutícula, elas estão buscando “evitar” as consequências da seca. Contudo se estas, em condições de déficit hídrico, conseguem manter o equilíbrio de suas funções fisiológicas, diz-se que “toleram” a seca. E o “escapar” ocorre quando a planta antecipa seu ciclo de desenvolvimento, para assim permitir que este ocorra antes da estiagem (SANTOS & CARLESSO, 1999). As plantas da caatinga apresentam adaptações morfológicas e fisiológicas, que estão associadas à sobrevivência destas, permitindo que evitem, tolerem ou escapem da seca predominante na maior parte do ano nesta região, e essas respostas têm sido foco do estudo de ecologistas e fisiologistas (NOGUEIRA et al. 1998a, 1998b; MANSUR et al., 2000; SILVA et al., 2003).

O mecanismo de fechamento estomático, nos horários mais quentes do dia, é uma estratégia utilizada por muitas espécies de regiões áridas e semiáridas, com finalidade de evitar a perda excessiva de água através da transpiração (SILVA et al., 2003), que segundo Larcher (2000), se intensifica com a diminuição da umidade relativa do ar e com o aumento da temperatura. Esse mecanismo evita o déficit de água nos tecidos, que afeta todos os aspectos do crescimento e desenvolvimento dos vegetais (KRIEG, 1993) e tem sido foco de estudos (ALBUQUERQUE et al., 2013; TONELLO & TEXEIRA FILHO, 2012). Outra forma de evitar a perda de água pela transpiração, apresentada pelas plantas da caatinga, é a perda de folhas durante os meses mais secos, através da senescência e caducifolia (SANTOS & CARLESSO, 1998; BUTRINOWSKI et al., 2013), redução da expansão e área foliar (NASCIMENTO et al., 2011) e das mudanças na orientação da folha (GINDABA et al., 2005).

As folhas que permanecem na planta durante a estação seca podem influenciar no controle do equilíbrio da água, ajustando a transpiração (PRADO et al., 2004). Diversos fatores externos como temperatura, radiação, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos interferem no processo de transpiração, favorecendo a diferença no déficit de pressão de vapor entre a superfície da folha e o ar que a envolve (SILVA et al., 2004). Quando a abertura estomática é reduzida, o fluxo de transpiração diminui em maior grau do que a redução do

fluxo de absorção de CO₂. Ao longo do déficit hídrico, o fechamento total dos estômatos impede a absorção de CO₂ essencial para a fotossíntese, podendo afetar de forma irreversível o crescimento ou a sobrevivência da planta. Dessa forma, o controle das trocas gasosas representa um dilema, pois elas devem regular fluxos opostos de forma que o balanço hídrico e o de carbono sejam mantidos em condições de permitir a máxima eficiência do uso dessas substâncias (ANGELOCCI, 2002).

O potencial hídrico foliar, o conteúdo relativo de água e as trocas gasosas têm sido comumente utilizados para avaliar as respostas fisiológicas das plantas sob deficiência hídrica (QUEZADA et al., 1999; CHARTZOULAKIS et al., 2002; DAMATTA et al., 2003; SILVA et al., 2003; GOMES et al., 2004; PATAKAS et al., 2005; SOUZA et al., 2005), e na maioria das plantas, esse estresse resulta na redução desses parâmetros, os quais induzem o fechamento estomático. Essas mudanças têm impacto no metabolismo celular, incluindo a fotossíntese. No entanto, não resta dúvida que os estômatos desempenham um papel importante controlando o balanço hídrico entre a perda de água e o ganho de carbono (GINDABA et al., 2005).

Com objetivo de manter a turgescência celular em face ao déficit hídrico, algumas medidas osmoprotetoras são tomadas, como o ajustamento osmótico, que se dá com o decréscimo do potencial osmótico devido ao acúmulo de solutos solúveis nas células, produzindo assim um potencial hídrico celular mais negativo, contribuindo para manter o movimento de água para as folhas e conseqüentemente favorecendo a turgescência das mesmas (BEGG & TURNER, 1976; HARE et al., 1998; HONG-BO et al., 2006a). Trata-se do acúmulo de substâncias orgânicas e íons inorgânicos (ASHRAF & FOOLAD, 2007), um exemplo é a conversão do amido em carboidratos solúveis (sacarose, glicose, frutose, etc.) por ocasião do déficit hídrico, e seu acúmulo no citosol, promovendo o influxo de água (SÁNCHEZ et al., 1998; SUDACHKOVA et al., 2002; SIRCELJ et al., 2005; HONG-BO et al., 2006b; CRESPO et al., 2011; ALBUQUERQUE et al., 2013).

Nos últimos anos, têm sido investigados intensivamente os eventos moleculares ligados à percepção de um sinal de estresse às respostas do genoma que levam a tolerância (TAIZ & ZEIGER, 2010). Mudanças morfológicas, fisiológicas e de desenvolvimento de plantas apresentam bases moleculares e genéticas. Portanto, uma resposta fisiológica específica ao déficit hídrico representa na verdade combinações de eventos moleculares que são ativados ou desativados pela percepção do estresse (BRAY, 1993). Entender como os

eventos interagem entre si será um passo importante na obtenção de maior tolerância das plantas à seca, dentro de um programa de melhoramento genético.

Outro mecanismo de defesa à seca desenvolvido pelas plantas da caatinga é o armazenamento da água, no caule, como acontece na barriguda, nas partes verdes, como nas cactáceas (mandacaru, facheiro, xique-xique, coroa-de-frade), ou nas raízes, como no umbuzeiro, amburana, pacoté e muitos outros (MAIA, 2004).

Espécies como a amburana (*A. cearensis*) e o umbuzeiro (*S. tuberosa*) adotam esta estratégia, apresentando perda de folhas na estação seca e rápida brotação e recomposição da parte aérea na estação chuvosa (MAIA, 2004). Bastante resistente à época das prolongadas estiagens, a sobrevivência do umbuzeiro está associada ao processo natural de armazenar água e nutrientes nas “batatas subterrâneas” chamado de “xilopódio”, existentes em seu sistema radicular, descrito por Lidman (1900) como sendo um sistema subterrâneo tuberoso, bastante lignificado e de alto poder gemífero.

Diversos estudos apontam à existência de “xilopódios” no umbuzeiro (GONÇALVES et al., 2006; CAVALCANTI & RESENDE, 2006; CAVALCANTI et al., 2006), porém para a amburana, embora já se tenha identificado a presença de sistema radicular tuberoso (CUNHA & FERREIRA, 2003; RAMOS et al., 2004) suas características morfológicas e fisiológicas necessitam ainda de estudos mais detalhados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, M.P.F. DE; MORAES, F.C.; SANTOS, R.I.N.; CASTRO, G.L.S. DE; RAMOS, E.M.L.S.; PINHEIRO, H.A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.9-16, 2013.

ALMEIDA, L.P.; ALVARENGA, A.A. DE; CASTRO, E.M. DE; ZANELA, S.M.; VIEIRA, C.V. Crescimento inicial de *Cryptocarya aschersoniana* Mez. submetidas a diferentes níveis de radiação solar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.83-88, 2004.

ANDRADE, L.A.; PEREIRA, I.M.; LEITE, U.T.; BARBOSA, M.R.V. Análise da cobertura de duas fitofisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-260, 2005a.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M. da; LOPES, R. dos S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Análise de crescimento do capim-elefante ‘Napier’ adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, p.415-423, 2005b.

ANDRADE, L.A.; COSTA, N.P.; SILVA, F.S.; PEREIRA, I.M. Caracterização de populações de umbuzeiro (*spondias tuberosa* Arr. Cam.) ocorrentes no Cariri paraibano. In.:

CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. **Resumos...** 1999, Blumenau: UFPR/SBB, 1999. 267p.

ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas / energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico.** Piracicaba: L.R. Angelocci, 2002. 272p.

ASHRAF, M.; FOOLAD, M.R. Roles to glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 59, p. 206-216, 2007.

BEGG, J.E.; TURNER, N.C. Crop water deficits. **Advance in Agronomy**, New York, v. 28, p. 161-217, 1976.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas.** Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BRAY, E.A. Molecular responses to water deficit. **Plant Physiol.** v. 103, pag. 1035-1040, 1993.

BUTRINOWSKI, R. T.; BUTRINOWSKI, I. T.; SANTOS, E. L. DOS, PICOLOTTO, P. R. PICOLOTTO, R. A.; SANTOS, R. F. Disponibilidade hídrica no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* em ambiente protegido. *Acta Iguazu, Cascavel*, v.2, n.3, p. 84-93, 2013.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; MESQUITA, A.C. **Análise de Crescimento de Plantas**, Vitória da conquista, Edições Uesb, 2008, p. 29-43.

CANHAM, C.D., BERKOWITZ, A.R., KELLY, V.R., LOVETT, G.L., OLLINGER, S.V. & SCHNURR, J. Biomass allocation and multiple resource limitations in tree seedlings. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 26, p. 1521-1530, 1996.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* A.C. SMITH. **Quimica Nova**. v.29, n.6, p.1241-1243, 2006.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, v.19, n.3, p.287-293, 2006.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M.; DRUMOND, M.A.; BRITO, L.T.L. Emergência e sobrevivência de plântulas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na caatinga. **Revista Caatinga**. v. 19, n.4, p.391-396, 2006.

CHARTZOULAKIS, K.; PATAKAS, A., KOFIDIS, G.; BOSABALIDIS, A.; NASTOU, A. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulture**, v. 95, p. 39-50, 2002.

CRESPO, S.C.; MORENO-CHACÓN, A.L.; ROJAS, A.; MELGAREJO, L.M. Principal Component Analysis of Changes due to Water Stress for Some Osmolytes, Pigments and Antioxidant Enzymes in *Gmelina arborea* Robx. Leaves from Trees Planted in Northern Colombia. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 22, n. 12, pag. 2275-2280, 2011.

CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith -Cumaru - LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p. 89-96, 2003.

DAMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; PINHEIRO, H.A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M.E. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, p. 111-117, 2003.

GINDABA, J.; ROZANOV, A.; NEGASH, L. Photosynthetic gas exchange, growth and biomass allocation of two *Eucalyptus* and indigenous tree species of Ethiopia under moisture deficit. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p.127-138, 2005.

GOMES, M.M.A.; Lagôa, A.M.M.A.; Medina, C.L.; Machado, E.C.; Machado, M.A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n.3, p.155-161, 2004.

GONÇALVES, F.C.; NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.1053-1057, jun. 2006.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; NEVES, P. de C.F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.465-470, 2008.

HARE, P.D.; CRESS, W.A.; VAN STADEN, J. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. **Plant, Cell and Environment**, v. 21, p. 535-553, 1998.

HILTON-TAYLOR, C. (compiler) 2000. **2000 IUCN Red List of Threatned Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Disponível em: <www.biodiversitas.org.br/listasmg/iucn.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2014.

HONG-BO, S.; XIAO-YAN, C.; LI-YE, C.; XI-NING, Z.; GANG, W.; BING, Y. Y.; CHANG-XING, Z.; ZAN-MIN, H. Investigation of the relationship of proline with wheat anti-drought under soil water deficits. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.53, p. 113-119, 2006a.

HONG-BO, S.; SONG-SUO, L.; MING-AN, S. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 47, p.132-139, 2006b.

HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: E. Arnold, 1982. p. 248.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de biomas e vegetação**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2014.

KRIEG, D.R. **Stress tolerance mechanisms in above ground organs**. In: Proceedings of the Workshop on Adaptation of Plants to Soil Stress. Nebraska: INTSORMIL, 1993.p. 65-79.

KROL, M.S.; JAEGAR, A.; BRONSTERT, A.; KRYWKOW, J. The semiarid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**, v. 26, p. 529-533, 2001.

KVET, J.; ONDOK, J. P.; NECAS, J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: SESTÁK, Z.; CATSKÝ, J.; JARVIS, P. G. (Ed.). **Plant photosynthetic production: manual of methods**. The Hague: W. Junk, 1971. p. 343-391.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.

LEAL, I.R.; SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M.; LACHER JR., T. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v.1, n. 1, p. 139-146, 2005.

LIMA, J.L.S. **Plantas forrageiras das Caatingas - uso e potencialidades**. Petrolina - PE: EMBRAPA-CPATSA/PNE/RBG - KEW, 1996. 44 p. il.

LINDMAN C.A.M. **Vegetationen i Rio Grande do Sul (Syd brasilien)**, Stockholm: Nordin and Josephson, 1900, 239 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Piracicaba: Plantarum. 1992. 368 p.

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora. 2004.

MANSUR, R.J.C.N.; BARBOSA, D.C.A. Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. **Phyton**, Vicente López, v.68, p.97-106, 2000.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 3. ed, 2009, 468p.

MARTINS, M.O.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; NETO, A.D.A.; SANTOS, M.G. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

MINCHIN, P.E.H, THORPE, M.R. & FARRAR, J.F. A simple mechanistic model of phloem transport which explains sink priority. **J. Exp. Bot.**, v. 44, p. 947-955, 1993.

NASCIMENTO, H.H.C.; Nogueira, R. J. M. C.; Silva, E. C. da; Silva, M. A. da. ANÁLISE DO CRESCIMENTO DE MUDAS DE JATOBÁ (*Hymenaea courbaril* L.) EM DIFERENTES NÍVEIS DE ÁGUA NO SOLO. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, Edição Especial, p.617-626, 2011.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; BARBOSA, D.C.A. & MORAES, J.A.P.V. Trocas gasosas e relações hídricas em plantas jovens envasadas de três espécies da caatinga, submetidas a deficiência de água. **Phyton**, v. 62(1/2), p. 37-46, 1998a.

NOGUEIRA, R.J.M.C.; MELO FILHO, P.A. & SANTOS, R.C. Curso diário do potencial hídrico foliar em cinco espécies lenhosas da caatinga. **Revista ecossistema**, v. 23, p. 73-77, 1998b.

PATAKAS, A.; NOITSAKIS, B.; CHOUZOURI, A. Optimization of irrigation water use in grapevines using the relationship between transpiration and plant water status. **Agricultura Ecosystems and Environment**, v.106, p. 253-259, 2005.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1987. 33 p. (Boletim técnico, 114).

PRADO, C.H.B.A. et al. Seasonal leaf gas exchange and water potential in a woody cerrado species community. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n.1, p.7-16, 2004.

QUEZADA, R.A.P.; ONTIVEROS, J.L.R.; HERNÁNDEZ, V.A.G. Transpiración, potencial hídrico y prolina em zarzamora bajo deficit hídrico. **Terra**, v. 17, n.2, p.125-130, 1999.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de massa seca de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasileira**, v.18, n. 2, p.351-358, 2004.

REIS, G.G.; MULLER, M.W. **Análise de crescimento de plantas mensuração do crescimento**. Belém: CPATU, 1979. 37 p.

RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. Manutenção e recuperação da biodiversidade do bioma cerrado: o uso de plantas nativas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS 1. **Anais...** 1996, Brasília. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 10-14.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

RODAL, M.J.N.; SAMPAIO, E.V.S.B. A vegetação do bioma Caatinga. In: SAMPAIO, E. V. S. B. A. M.; GIULIETTI, J. V.; GAMARRA-ROJAS, C. (Org.). **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. p. 11-24.

SÁNCHEZ, F.J.; MANZANARES, M.; ANDRES, E.F.; TENÓRIO, J.L.; AYERBE, L. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. **Field Crops Research**, v. 59, p. 225-235, 1998.

SANTANA, J.A.S.; SOUTO, J.S. Diversidade e estrutura fitossociológica da caatinga na estação ecológica do Seridó, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 232-242, 2006.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 3, n.1, p 1-6, 1999.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONE, M.R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.652-655, 2001.

SCARIOT, A. & SEVILHA, A.C. Diversidade, estrutura e manejo de florestas decíduais e as estratégias de conservação. In: T.B. CAVALCANTI & B.M.T. WALTER [et al.] (orgs.). **Tópicos atuais em botânica**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil/Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 183-188.

SILVA, E.C. da; NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D. de; BRITO, J.Z.; CABRAL, E. L. Aspectos ecofisiológicos de dez espécies em uma área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, v. 59, n.2, p.201-205, 2004.

SILVA, E.C. NOGUEIRA, R.J.M.C.; AZEVEDO NETO, A.D.; SANTOS, V.F. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, v.17, n.2, p.231-246, 2003.

SILVA, G.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 567-575. 2008.

SIRCELJ M, TAUSZ D, GRILL BATI F. Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought. **Journal of Plant Physiology**, v. 162, p. 1308-1318, 2005.

SOUZA, C.R.; MAROCO, J.P.; SANTOS, T.P. DOS; RODRIGUES, M.L.; LOPES, C.; PEREIRA, J.S.; M. CHAVES, M. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevine cultivars, **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 106, p. 261-274, 2005.

SUDACHKOVA, N.E.; MILYUTINA, I.L.; SEMENOVA, G.P. Influence of water deficit on contents of carbohydrates and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb. tissues. **Eurasian Journal of Forest Research**, v.4, p.1-11, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 848 p.

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Ecofisiologia de três espécies arbóreas nativas da mata atlântica do Brasil em diferentes regimes de água. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 1, p. 85-101, 2012.

TROVÃO, D.M.B.M.; SILVA, S.C.; SILVA, A.B.; VIEIRA JUNIOR, R.L. Estudo comparativo entre três fisionomias de Caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2. p. 1-5, 2004.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**. v.13, p. 175-190, 1986.

VALLIYODAN, B.; NGUYEN, H.T. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 9, p.1-7, 2006.

WOLSWINKEL P. Phloem unloading and turgor-sensitive transport: factors involved in sink control of assimilate partitioning. **Physiologia Plantarum**, v. 65, p. 331–339, 1985.

CAPÍTULO 1

**MORFOANATOMIA DO SISTEMA SUBTERRÂNEO DE PLANTAS JOVENS DE
AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias
tuberosa* Arr. Cam.)**

**MORFOANATOMIA DO SISTEMA SUBTERRÂNEO DE PLANTAS JOVENS DE
AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias
tuberosa* Arr. Cam.)**

**Mayana Matos de Oliveira¹, Elayne Katia Dos Santos Galvao², Fabiano Machado
Martins³, Manoel Texeira de Castro Neto³, Claudinéia Regina Pelacani⁴**

¹ Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, mayana.agr@hotmail.com; ² Graduada em Engenharia Florestal; ³ Professor (a) titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Bahia, Brasil; ⁴ Professor (a) titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana-Bahia, Brasil.

RESUMO: A amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) apresentam órgãos de reserva no seu sistema subterrâneo que contribuem para sua sobrevivência no ambiente árido e de baixa pluviosidade apresentado pelo bioma caatinga. O objetivo desse trabalho foi fornecer informações sobre a anatomia dos sistemas subterrâneos de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, assim como sua contribuição na sobrevivência dessas espécies ao período de deficiência hídrica. O experimento foi instalado e conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia. Foram realizadas duas coletas de material vegetal, uma no início das avaliações, em plantas irrigadas, e outra no final da imposição do déficit hídrico (19 dias após a suspensão da irrigação). Estas amostras foram lavadas, fixadas e conservadas. Posteriormente foram isoladas, desidratadas e infiltradas em parafina histológica. Cortes seriados transversais e longitudinais foram efetuados em micrótomo rotativo, corados com safranina alcoólica 1% e azul de astra aquoso 1% e as lâminas montadas com resina sintética. A documentação foi realizada em fotomicroscópio Olympus BX51 equipado com câmara fotográfica digital Olympus A330. O sistema radicular das espécies é formado por raízes tuberosas e raízes laterais delgadas. Os cortes transversais demonstraram que o sistema subterrâneo das espécies apresenta periderme, córtex, câmbio e cilindro vascular, além de fibra de sustentação em ambas as espécies e estruturas secretoras apenas na *S. tuberosa*. O cilindro vascular das espécies é poliarco, sendo endarco e oco na *A. cearensis*, e exarco e sólido na *S. tuberosa*. As raízes tuberosas das espécies apresentam câmbios adicionais.

Palavras-chave: Caatinga, deficiência hídrica, raiz tuberosa.

**MORPHOANATOMY UNDERGROUND SYSTEM AMBURANA YOUNG PLANTS
(*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) And UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr.
Cam.)**

ABSTRACT: The amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr Cam) have booking agencies in its underground system that contribute to their survival in the arid environment and low rainfall caatinga biome presented by. The aim of this study was to provide information about the anatomy of the underground system *A. cearensis* e *S. tuberosa*, as well as its contribution to the survival of these species to water stress period. The experiment was installed and conducted at the Federal University da Bahia Recôncavo (UFRB), Cruz das Almas, Bahia. Two collections of plant material were held, one at the beginning of the evaluations in irrigated plants, and another at the end of the imposition of water deficit (19 days after the suspension of irrigation). These samples were washed, fixed and retained. Subsequently they were isolated, dehydrated and infiltrated with paraffin histology. Transverse and longitudinal serial sections were performed in rotating microtome, stained with 1% safranin alcoholic and aqueous astra blue 1% and the blades mounted with synthetic resin. The documentation was held in Olympus BX51 light microscope equipped with digital camera Olympus A330. The root system of the species consists of tuberous roots and slender lateral roots. The cross-sections demonstrated that the slender lateral roots have periderm, cortex, vascular cylinder and exchange, and fiber support in both species and secreting structures only in *S. tuberosa*. The cylinder vascular species is polyarc, being endarch and hollow in *A. cearensis*, and exarco and solid in *S. tuberosa*. The tuberous roots of species present additional exchanges.

Keywords: Caatinga, water deficit, tuberous root.

INTRODUÇÃO

A amburana e o umbuzeiro são espécies arbóreas representativas da vegetação da caatinga, cuja principal forma de exploração é extrativista (LEAL et al., 2003; TROVÃO et al., 2004), devido seus diversos potenciais de utilização, tal qual alimentício, madeireiro e medicinal. Essa exploração indevida tem levado ao crescente número de trabalhos que apontam para a extinção dessas espécies (HILTON- TAYLOR, 2000; CAVALCANTI et al., 2006; ANDRADE et al., 1999).

Ambas as espécies apresentam órgãos de reserva no seu sistema subterrâneo (GONÇALVES et al., 2006; RAMOS et al., 2004), que contribuem para sua sobrevivência no ambiente árido e de baixa pluviosidade apresentado pelo bioma caatinga (KROL et al., 2001). Isso devido à reserva de água e nutrientes nesses órgãos, que possibilita rápida rebrota da parte aérea com as primeiras chuvas (DUQUE, 1980; EPSTEIN, 1998; MENDES, 1990, 2001).

Trabalhos baseados somente na morfologia externa são insuficientes para identificar a natureza estrutural dos sistemas subterrâneos e, conseqüentemente, análises anatômicas são fundamentais, sendo foco de diversos estudos (MENEZES et al., 1969; FIGUEIREDO, 1972; PAVIANI, 1987; PAVIANI & HARIDASAN, 1988; APPEZZATO-DA-GLÓRIA & ESTELITA, 2000; MELO-DE- PINNA & MENEZES, 2003). Visto que estes possuem diferentes características morfoanatômicas (DIETRICH & FIGUEIREDO-RIBEIRO 1985), podendo apresentar natureza estrutural complexa, com origem radicular, caulinar ou mista.

A formação desses órgãos pode estar relacionada a processos adaptativos ao longo da exposição das espécies ao déficit hídrico. Segundo Turner (1986) plantas submetidas ao déficit hídrico normalmente desenvolvem estratégias que permitem seu estabelecimento e sobrevivência, ocasionando mudanças adaptativas na biota da região afetada. Diversos estudos com espécies da caatinga demonstram o potencial dessas em exibir este comportamento, com adaptações tanto na parte aérea como subterrânea da planta (NOGUEIRA, 1997; SANTOS & CARLESSO, 1998).

Devido à importância do bioma e das espécies em estudo, e diante da exploração extrativista destes recursos, o objetivo desse trabalho foi fornecer informações sobre a anatomia do sistema subterrâneo da amburana (*A. cearensis*) e do umbuzeiro (*S. tuberosa*), assim como sua contribuição na sobrevivência dessas espécies ao período de deficiência hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes, para obtenção das mudas, foram provenientes de plantas matrizes localizadas na Embrapa Semiárido, município de Petrolina-PE (9° 23' S e 40° 30' W). O experimento foi instalado e conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-BA.

A semeadura foi realizada em sacos de polietileno com capacidade de 1 Kg, preenchidos com substrato preparado com uma mistura de terra vegetal e areia, na proporção

de 2:1, respectivamente. Cada saco recebeu 2 sementes, e após a germinação procedeu-se o desbaste. Completado dois meses da sementeira, as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de estatura e transferidas para vasos plásticos com 50 cm de altura e 20 cm de diâmetro, contendo a mesma proporção da mistura utilizada na germinação das sementes, sendo que cada metro cúbico da mistura recebeu 100 g de Uréia, 150 g de Super Simplex e 200 g de Cloreto de Potássio. As plantas permaneceram neste substrato por quatro meses, mantidas em casa de vegetação e irrigadas em dias alternados para manutenção da umidade do solo, até dar início à imposição dos tratamentos.

Foram realizadas duas coletas de material vegetal, uma no início das avaliações, em plantas irrigadas (0 dias de suspensão da rega (DSR)), e outra no final da imposição do déficit hídrico (19 dias após a suspensão da rega (DSR)). Estas amostras foram fixadas em FAA 50% por 24h (JOHANSEN, 1940). Todas as amostras foram submetidas ao vácuo em dessecador durante o processo de fixação, lavadas em álcool etílico 50% e conservadas em álcool etílico 70%. Posteriormente foram isoladas, desidratadas em série butílica terciária e infiltradas em parafina histológica (Histosec/Merck; JOHANSEN, 1940). Cortes seriados transversais e longitudinais foram efetuados em micrótomo rotativo (Leica RM2245) com espessura variável (10 -15 μ m), corados com safranina alcoólica 1% e azul de astra aquoso 1% (GERLARCH, 1969) e as lâminas montadas com resina sintética (Permount/Fisher).

A documentação foi realizada em fotomicroscópio Olympus BX51 equipado com câmara fotográfica digital Olympus A330. As escalas das figuras foram obtidas através da projeção de uma lâmina micrométrica fotografada/digitalizada nas mesmas condições ópticas das ilustrações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* apresentam sistema subterrâneo contendo raiz principal espessada e raízes laterais delgadas (figura 1).

A raiz espessada se trata de uma raiz principal, podendo apresentar ramificações, de formato predominantemente fusiforme, que não se tuberiza em toda sua extensão, observando-se na região distal uma redução no diâmetro que se mantém até o ápice do órgão (figura 1). A *S. tuberosa* possui estrutura anatômica radicular, com maturação do xilema primário centrípeta (exarco) e cilindro vascular sólido (Figuras 5). Contudo na *A. cearensis* a maturação do xilema primário é centrifuga (endarco) e cilindro vascular oco ou apresentando

medula, se aproximando mais para descrição anatômica de caule, sendo necessários estudos de ontogenia para determinar sua origem e natureza estrutural.

Para ambas as espécies não foram verificadas presença de gemas, não possuindo, portanto caráter gemífero (figuras 4 e 5). Embora espessados, esses órgãos são pouco rígidos, com consistência aquosa, macia e moderadamente resistente e não lignificado, não podendo ser denominada xilopódio, se aproximando mais da descrição de raiz tuberosa segundo Appezzato da Gloria (2003). As descrições realizadas por Lindman (1906), Rachid (1947), Rizzini (1965), Rizzini & Heringer (1961, 1966) e os estudos mais recentes elaborados por Paviani (1987), Paviani & Haridasan (1988) e Appezzato-daGlória & Estelita (2000) relatam que os xilopódios têm como características comuns a capacidade gemífera, a consistência extremamente rígida e a anatomia complexa, podendo ser caulinar, radicular ou mista.

Portanto, neste estudo, considerou-se que *A. cearenses* e *S. tuberosa* possuem raiz tuberosa, embora para a espécie *A. cearenses* a determinação da origem e natureza estrutural de seus órgãos subterrâneos carece de mais estudos. Esse resultado contesta denominações anteriores (GONÇALVES et al., 2006; CAVALCANTI & RESENDE, 2006; CAVALCANTI et al., 2006; SILVA et al., 2005; RAMOS et al., 2004; CUNHA & FERREIRA, 2003) e ratifica a importância de estudos anatômicos para identificar a origem e natureza estrutural dos sistemas subterrâneos.

Outro aspecto importante da morfologia das raízes tuberosas dessas espécies é o fato das mesmas apresentarem ramificações ou tuberização das raízes laterais, culminando em um sistema radicular fasciculado com o desenvolvimento das plantas (figura 1). Como este órgão é responsável pela sobrevivência destas em condições de semiárido, este comportamento está relacionado a mecanismos de tolerância ao déficit hídrico. Nesse sentido, observou-se um aumento no número de ramificações das raízes tuberosas com a imposição do déficit hídrico (figura 1 C-D). Como as raízes das plantas não alcançaram o fundo do vaso, esse comportamento sugere que o déficit hídrico age como possível indutor da ramificação do sistema radicular, como característica adaptativa, na tentativa de aumentar suas reservas de água e nutrientes, e conseqüentemente as chances de sobrevivência.

Não foram observadas nas seções transversais do sistema subterrâneo das plantas alterações anatômicas com a imposição do déficit hídrico. Os diversos órgãos das plantas podem sofrer modificações morfoanatômicas e fisiológicas quando submetidos ao estresse hídrico, porém segundo Paréz-Martínez et al. (2004) de todos os órgãos, a folha é o mais sensível na percepção dos estresses ambientais.

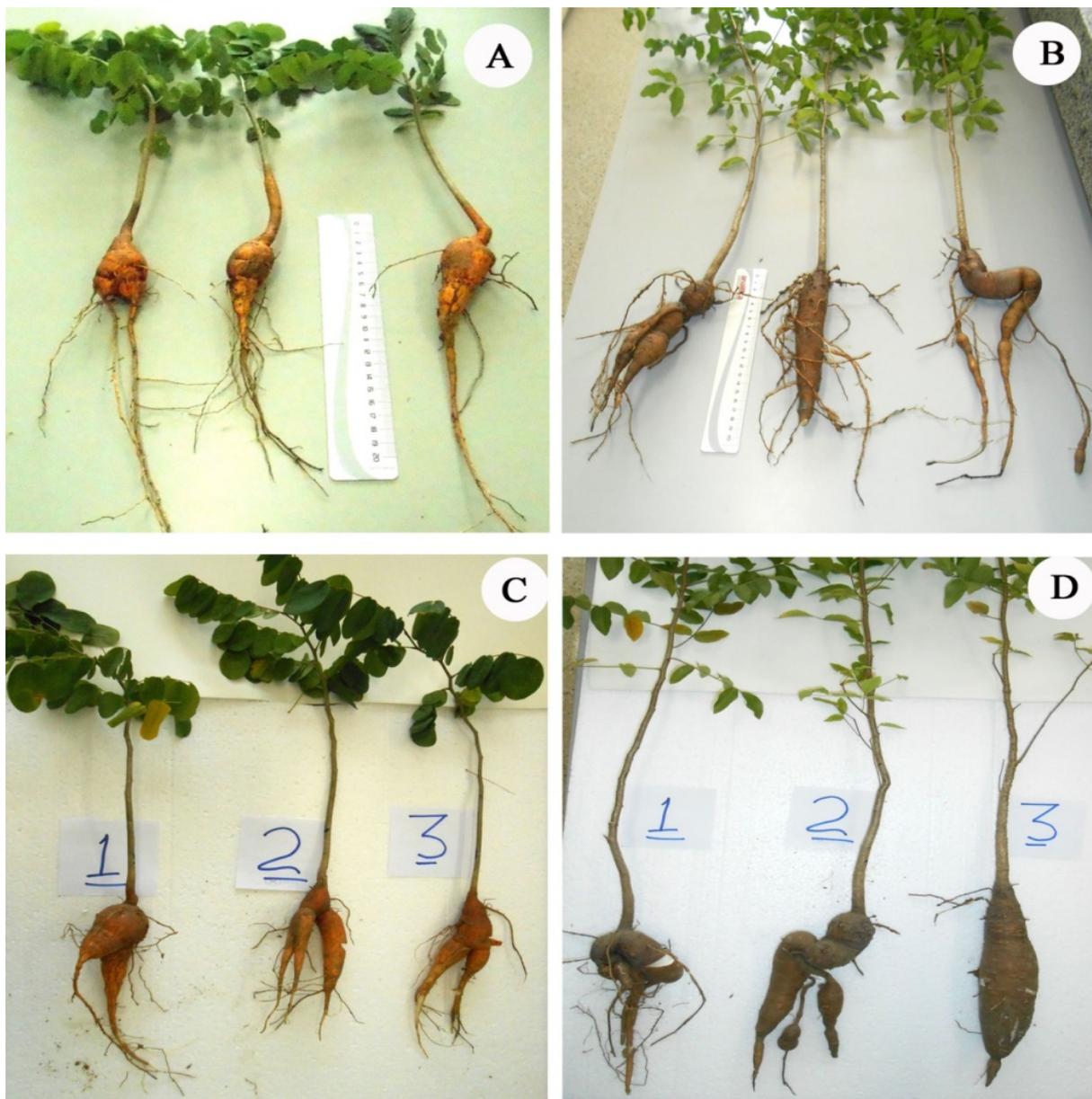


Figura 1. Aspecto morfológico das raízes tuberosas de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, irrigadas (0 DSR) e estressadas hidricamente (19 DSR). A- Plantas jovens de *A. cearensis* irrigadas (0 DSR). B- Plantas jovens de *S. tuberosa* irrigadas (0 DSR). C- Plantas jovens de *A. cearensis* estressadas (19 DSR). D- Plantas jovens de *S. tuberosa* estressadas (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

As secções transversais revelam que as raízes laterais delgadas de plantas jovens das espécies apresentam estrutura secundária pela ação do câmbio vascular e câmbio da casca (felogênio), sem lignificação (figuras 2 e 3).

A periderme das raízes laterais das espécies é constituída de súber e feloderma, originados a partir da ação bifacial das células do felogênio (figuras 2 e 3).

Para a espécie *A. cearensis*, o súber é formado por células retangulares alternando com outras tabulares, de paredes uniformemente espessadas, com arranjo compacto e total suberização com a maturidade. A feloderme é constituída de 1-2 camadas de células, mais semelhante às células parenquimáticas (figura 2).

Na espécie *S. tuberosa* o súber é constituído de células tabulares, com espessamento uniforme em todas as paredes da célula, e aparentemente menos suberizada que as da *A. cearensis* no mesmo período de desenvolvimento. A feloderme é constituída de 2-3 camadas de células, com presença de idioblastos secretores (figura 3).

O córtex das espécies é formado por células parenquimáticas, de formato isodiamétrico, com paredes delgadas. Apresentam fibras de sustentação, contudo observa-se em maior quantidade na *A. cearensis* (figura 2), quando comparada com a *S. tuberosa*, que apresenta além de fibras, idioblastos e ductos secretores (figura 3).

O câmbio vascular das espécies dá origem aos vasos condutores, centripetamente desenvolve-se o floema, e no sentido centrifugo o xilema secundário. O cilindro vascular das espécies é poliarco, diferindo na maturação do xilema primário, sendo endarco e oco na *A. cearensis*, e exarco e sólido na *S. tuberosa*. Embora o comportamento mais comum seja a formação de um maciço sólido provido de projeções pelo xilema, em algumas espécies o xilema não se diferencia no centro da raiz, sendo este ocupado por medula constituída de parênquima (APPEZZATO-DA-GLÓRIA & CARMELLO-GUERREIRO, 2003).

As secções transversais das raízes tuberosas de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* (figuras 4 e 5) revelaram que estas apresentam o mesmo padrão anatômico das raízes laterais (Figuras 2 e 3).

A descrição da periderme permanece a mesma, contudo há um aumento considerável no número de células parenquimática tanto do córtex quanto no cilindro vascular, devido a atividade do câmbio vascular, e conseqüente redução de tecidos de sustentação. O papel meristemático do câmbio vascular na produção das células do cilindro vascular da raiz foi registrado por Williams (1947), Van Fleet (1961), Mueller (1991), Seago & Scholey (1999), Seago et al. (1999) e Melo-de-Pinna & Menezes (2002). A presença de fibras de sustentação ainda é observada para as duas espécies (figuras 4 e 5), e de idioblastos e ductos secretores apenas na *S. tuberosa* (figura 5).

Além da atividade do câmbio vascular típico, as raízes tuberosas desenvolvem-se por meio de câmbios acessórios, câmbios adicionais ou pela proliferação de parênquima, contribuindo para o aumento do diâmetro das raízes tuberosas. As espécies em estudo

apresentam câmbios adicionais, que desenvolvem-se a partir do parênquima do xilema secundário, de maneira concêntrica. Este padrão foi observado em outros estudos anatômicos da raiz tuberosa (DABYDEEN & SIRJU-CHARRAN, 1990; MILANEZ & MORAES-DALLAQUA, 2003) verificando-se ainda, que o parênquima produzido acumula grande quantidade de amido, sendo necessário para tanto testes histoquímicos.

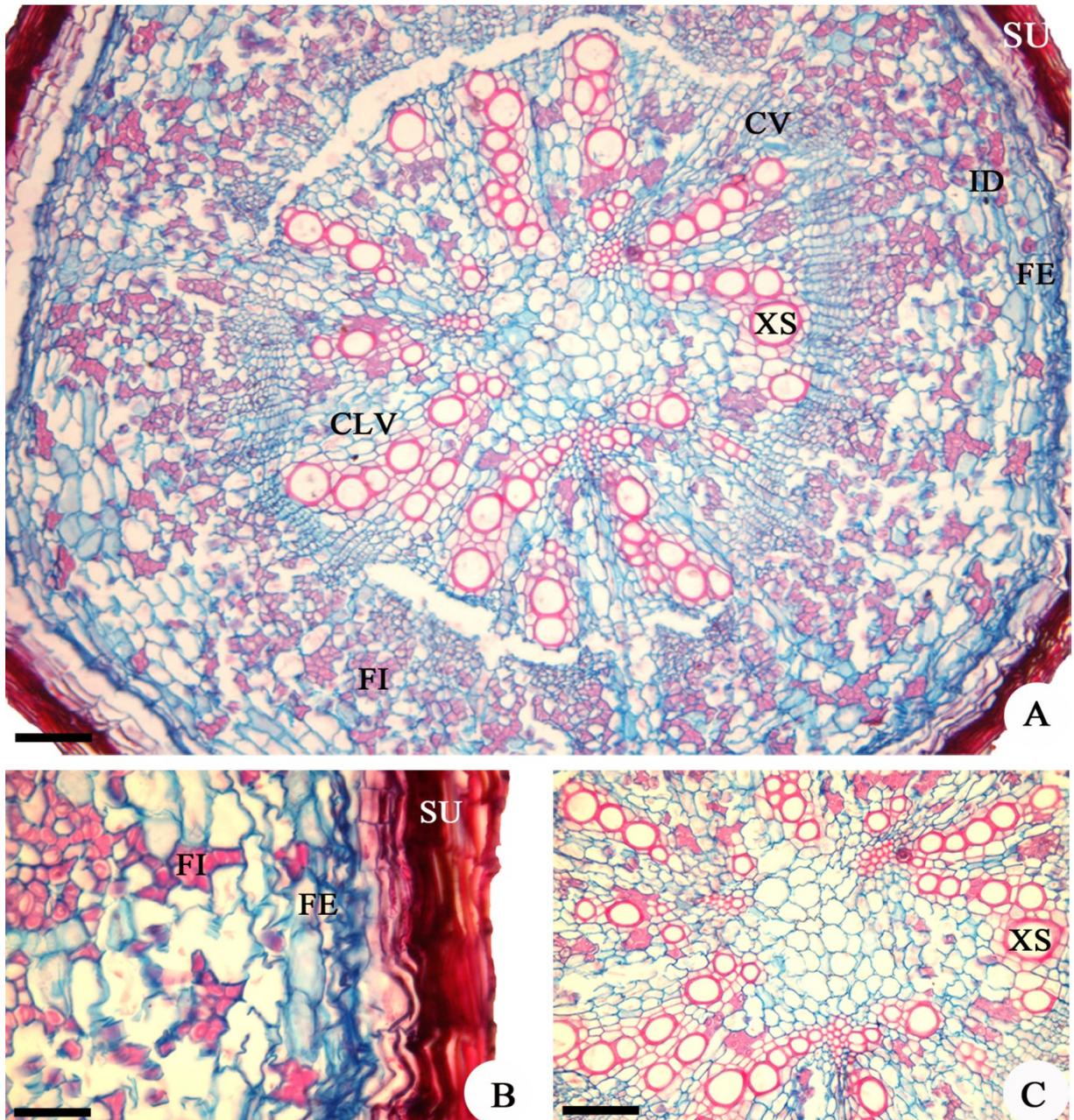


Figura 2. *Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith. A- seção transversal da raiz lateral delgada, apresentando periderme com súber (SU) e feloderme (FE); córtex com fibras de sustentação (FI); câmbio vascular (CV) e cilindro vascular (CLV), com xilema secundário (XS). B- Detalhe da periderme das fibras de sustentação (FI). C- Detalhe do cilindro vascular poliarco, endarco e oco (CLV).

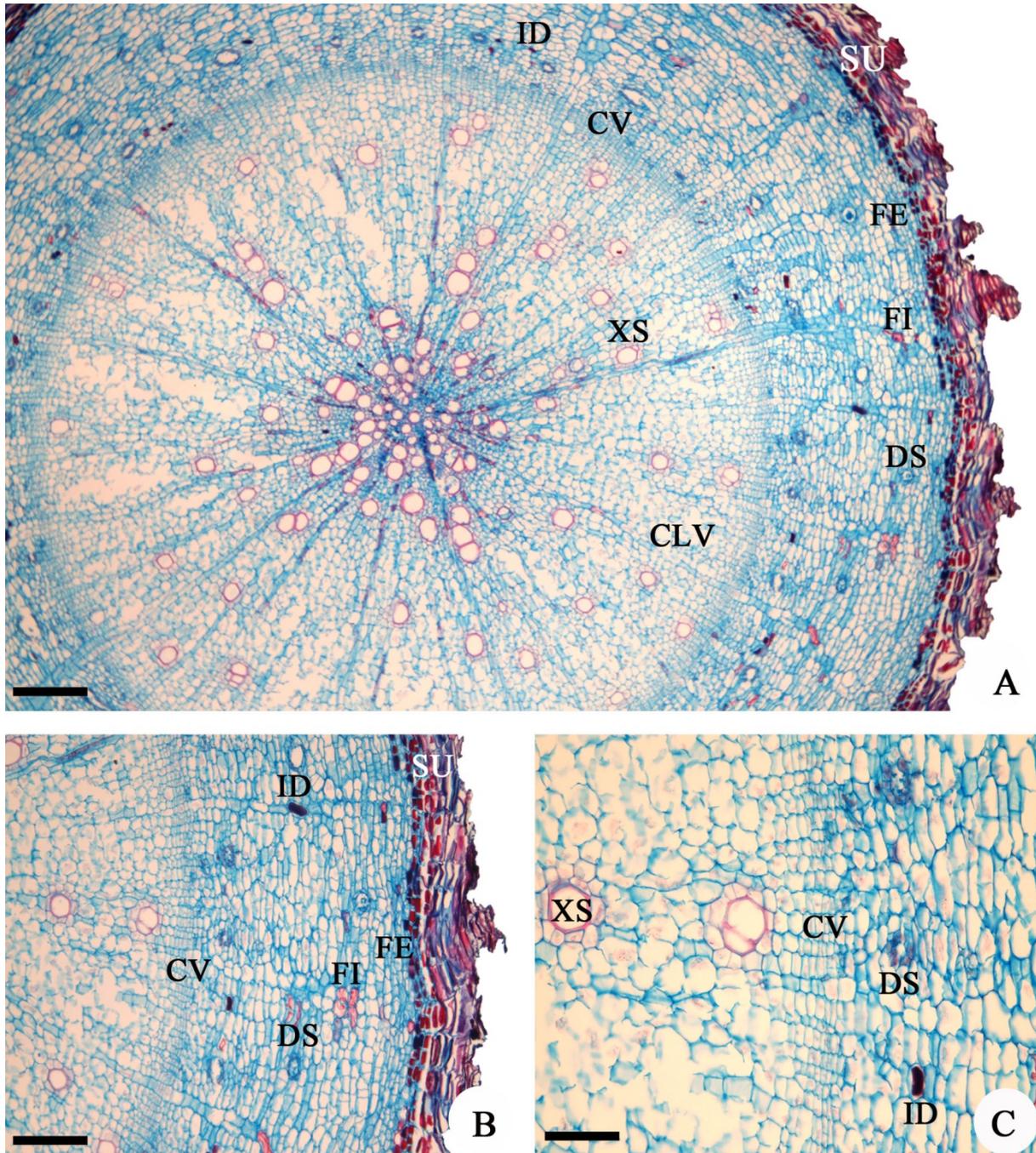


Figura 3. *Spondias tuberosa* Arr. Cam. A- seção transversal da raiz lateral delgada, apresentando periderme com súber (SU) e feloderme (FE); córtex com fibras de sustentação (FI), idioblastos (ID) e ductos secretores (DS); câmbio vascular (CV) e cilindro vascular (CLV) poliarco, exarco e sólido, com xilema secundário (XS). B- Detalhe da periderme e parênquima de sustentação. C- Detalhe do câmbio vascular (CLV).

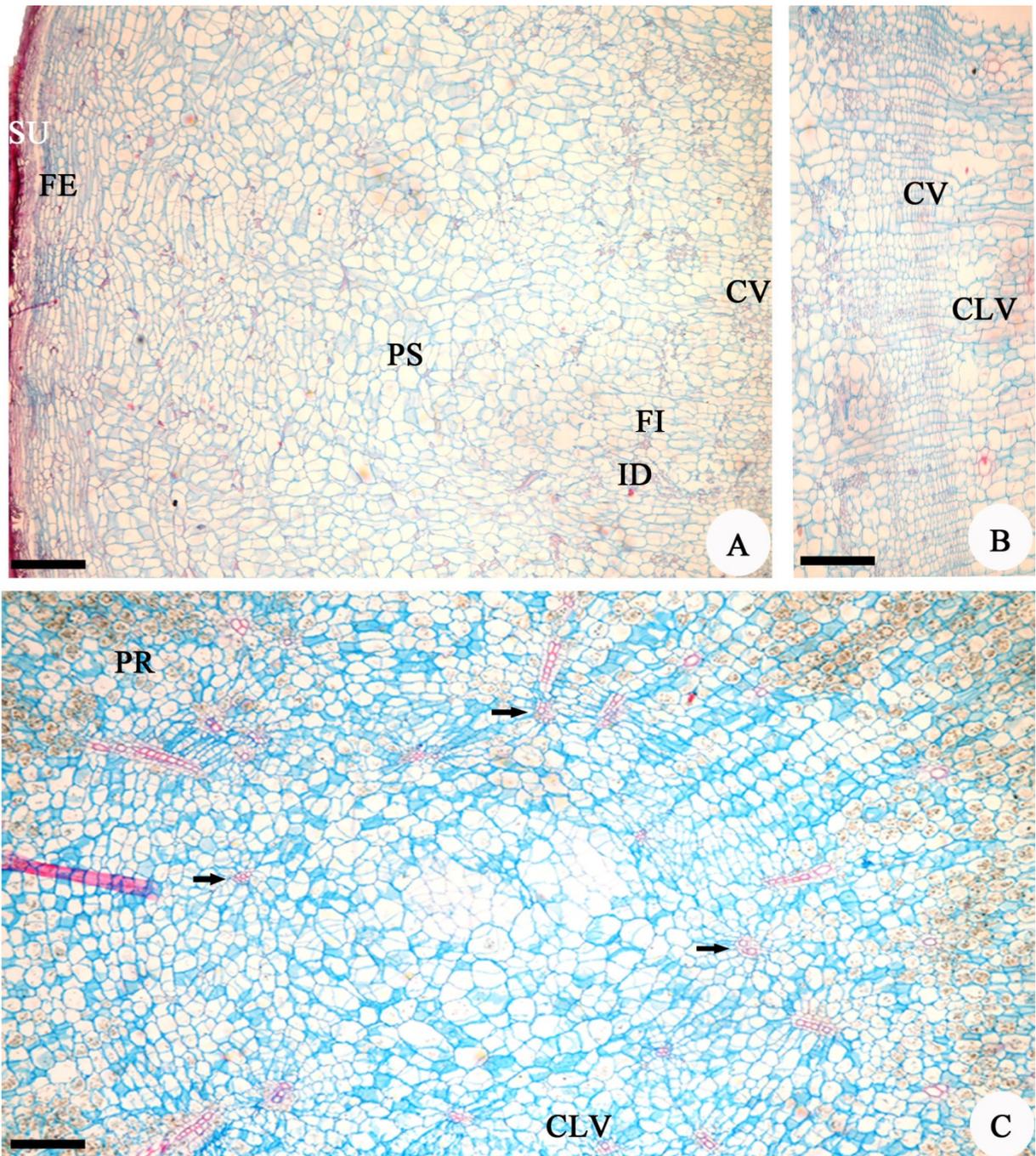


Figura 4. *Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith. A- seção transversal da raiz principal tuberculizada, apresentando periderme com súber (SU) e feloderme (FE); córtex com fibras de sustentação (FI) e câmbio vascular (CV). B- Detalhe do câmbio vascular (CV) e cilindro vascular (CLV). C- Detalhe do cilindro vascular (CLV) poliarco, endarco e oco, do parênquima de reserva (PR) e dos câmbios adicionais (setas).

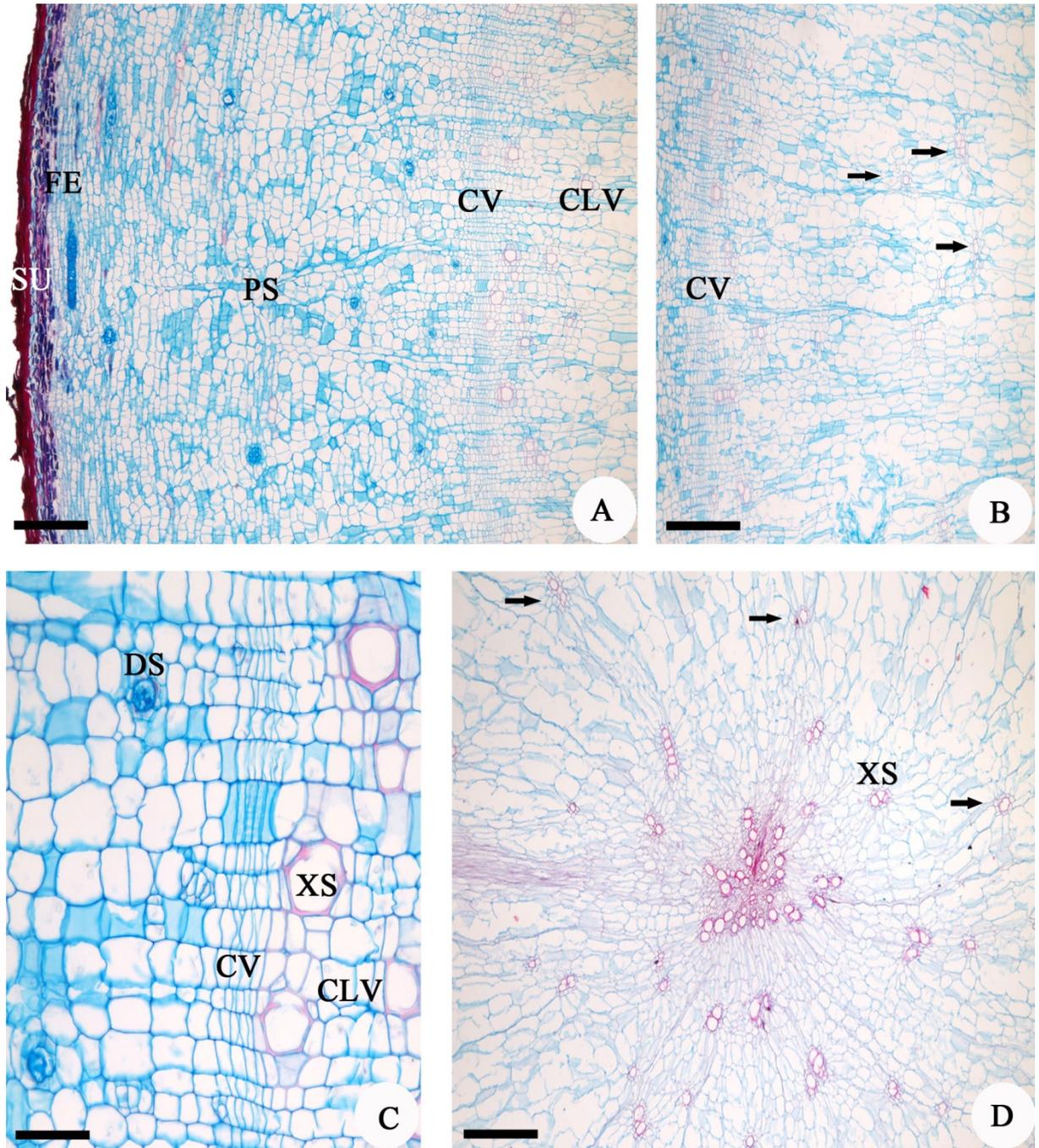


Figura 5. *Spondias tuberosa* Arr. Cam. A- seção transversal da raiz principal tuberizada, apresentando periderme com súber (SU) e feloderme (FE); córtex com fibras de sustentação (FI), idioblastos (ID) e ductos secretores (DS); câmbio vascular (CV) e cilindro vascular (CLV), com xilema secundário (XS). B- Detalhe do câmbio vascular (CV) e cilindro vascular (CLV). C- Detalhe do câmbio vascular (CV), do cilindro vascular (CLV), do ducto secretor (DS) e do xilema secundário (XS). D- Detalhe do cilindro vascular (CLV) poliarco, exarco e sólido, e dos câmbios adicionais (setas).

CONCLUSÃO

O sistema radicular das espécies é formado por raízes tuberosas e raízes laterais delgadas, que possuem a mesma conformação anatômica.

O cilindro vascular dos órgãos subterrâneos das espécies é poliarco, sendo endarco e oco na *A. cearensis*, e exarco e sólido na *S. tuberosa*.

As espécies apresentam em seu sistema subterrâneo fibra de sustentação e apenas para *S. tuberosa* foi observado idioplastos e ductos secretores.

As raízes tuberosas das espécies apresentam câmbios adicionais.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L. A.; COSTA, N. P.; SILVA, F. S.; PEREIRA, I. M. Caracterização de populações de umbuzeiro (*spondias tuberosa* Arr. Cam.) ocorrentes no Cariri paraibano. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. **Resumos...** 1999, Blumenau: UFPR/SBB, 1999. P. 267.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. 438p.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. & ESTELITA, M.E.M. The developmental anatomy of the subterranean system in *Mandevilla illustris* (Vell.) Woodson and *M. velutina* (Mart. ex Stedelm.) Woodson (Apocynaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p.7-35, 2000.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Morfologia de sistemas subterrâneos: Histórico e evolução do conhecimento no Brasil**. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2003.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; DRUMOND, M. A.; BRITO, L. T. L. Emergência e sobrevivência de plântulas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na caatinga. **Revista Caatinga**. v. 19, n.4, p.391-396, 2006.
- CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, v.19, n.3, p.287-293, 2006.
- CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith -Cumaru – LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p. 89-96, 2003.
- DABYDEEN, S. & SIRJU-CHARRAN, G. The developmental anatomy of the root system in yam bean, *Pachyrhizus erosus* Urban. **Annals of Botany**, v. 66, p. 313-320, 1990.
- DIETRICH, S.M.C. & FIGUEIREDO-RIBEIRO, R.C.L. Organos subterraneos y propagacion vegetativa en plantas de los cerrados brasileiros. **Medio Ambiente**, v. 7, p. 45-52. 1985.
- DUQUE, J. G. O imbuzeiro. In: **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3. ed. Mossoró: ESAM/Fundação Guimarães Duque, 1980. p. 283-286. (ESAM. Coleção Mossoroense, 143).

- EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, v.2, n.3, p.31-34, 1998.
- FIGUEIREDO, R.C.L. Sobre a anatomia dos órgãos vegetativos de *Ocimum nudicaule* Benth. (Labiatae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 44, p. 549-570, 1972.
- GERLARCH, D. **Botanische mikrotechnik: Eine Einführung**. Georg Thieme, Stuttgart. 1969.
- GONÇALVES, F. C.; NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.1053-1057, jun. 2006.
- HILTON-TAYLOR, C. (compiler) 2000. 2000 IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. McGraw-Hill, New York. 1940.
- KROL, M.S.; JAEGAR, A.; BRONSTERT, A.; KRYWKOW, J. The semiarid integrated model (SDIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. **Physics and Chemistry of the Earth (B)**, v. 26, p. 529-533, 2001.
- LEAL, I.R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco. 2003. 822 p.
- LINDMAN C.A.M. **Vegetationen i Rio Grande do Sul (Syd brasilien)**, Stockholm: Nordin and Josephson, 1906, 239 p.
- MELO-DE-PINNA, G.F.A. & MENEZES, N.L. Meristematic endodermis and secretory structures in adventitious roots of *Richterao Kuntze* (Mutisieae- Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 1-10, 2003.
- MELO-DE-PINNA, G.F.A. & MENEZES, N.L. Vegetative organ anatomy of *Ianthopappus corymbosus* Roque & Hind (Asteraceae-Mutisieae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, p. 505-514, 2002.
- MENDES, B. V. **Umbuzeiro: Importante fruteira do Semi-árido**. 1990. (Coleção Mossoroense).
- MENEZES, N.L., HANDRO, W. & MELLO CAMPOS, J.F.B. Estudos anatômicos em *Pfaffia jubata* Mart. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, 331 (Botânica)**, v. 24, p. 197-237, 1969.
- MILANEZ, C. R. D.; MORAES-DALLAQUA, M. A. Ontogênese do sistema subterrâneo de *Pachyrhizus ahipa* (Wedd.) Parodi (Fabaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, p.415-427, 2003.
- MUELLER, R.J. Identification of procambium in the primary root of *Trifolium pratense* (Fabaceae). **American Journal of Botany**, v. 78, p. 53-62, 1991.

NOGUEIRA, R. J. M. C. N. **Expressões fisiológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas.** 1997. Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

PAVIANI, T.I. & HARIDASAN, M. Tuberosidade em *Vochysia thyrsoidea* Pohl (Vochysiaceae). **Ciência e Cultura**, v. 40, p. 998-1003, 1988.

PAVIANI, T.I. Anatomia do desenvolvimento do xilopódio de *Brasilia sickii* G. M. Barroso. Estágio inicial. **Ciência e Cultura**, v. 39, p. 399-405, 1987.

RACHID, M.. Transpiração e sistemas subterrâneos da vegetação de verão do Campos Cerrados de Emas. **Boletim da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, v. 5, p. 5-140, 1947.

RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA-SILVA, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de massa seca de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasileira**, v.18, n. 2, p.351-358, 2004.

RIZZINI, C.T. & HERINGER, E.P. Estudo sobre os sistemas subterrâneos difusos de plantas campestres. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 38, p. 85-112, 1966.

RIZZINI, C.T. & HERINGER, E.P. Underground organs of plants from some southern Brazilian savannas, with special reference to the xylopodium. **Phyton**, v. 17, p. 105-124, 1961.

RIZZINI, C.T.. Estudos experimentais sobre o xilopódio e outros órgãos tuberosos de plantas do Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 37, p. 87-113, 1965.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SEAGO JUNIOR, J.L. & SCHOLEY, A. Development of the endodermis and hypodermis of *Typha glauca* Gord. and *Typha angustifolia* L. roots. **Canadian Journal of Botany**, v. 77, p. 122-134, 1999.

SEAGO JUNIOR, J.L., PETERSON, C.A. & ENSTONE, D.E. Cortical ontogeny in roots of the aquatic plant, *Hydrocharis morsus-ranae* L. **Canadian Journal of Botany**, v. 77, p. 113-121, 1999.

SILVA, E.B.; GONÇALVES, N.P.; PINHO, P.J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, n.1, p.55-59, 2005.

TROVÃO, D. M. B. M.; SILVA, S. C.; SILVA, A. B.; VIEIRA JUNIOR, R. L. Estudo comparativo entre três fisionomias de Caatinga no estado da Paraíba e análise do uso das

espécies vegetais pelo homem nas áreas de estudo. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2. p. 1-5, 2004.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**. V.13, p. 175-190, 1986.

VAN FLEET, D.S.. Histochemistry and function of the endodermis. **Botanical Review**, v. 27, p. 165-220, 1961.

WILLIAMS, B.C. The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants. **American Journal of Botany**, v. 34, p. 455-462, 1947.

CAPÍTULO 2

CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE MASSA SECA EM PLANTAS JOVENS DE AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E DO UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).

**CRESCIMENTO E PARTIÇÃO DE MASSA SECA EM PLANTAS JOVENS DE
AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E DO UMBUZEIRO
(*Spondias tuberosa* Arr. Cam.).**

**Mayana Matos de Oliveira¹, Cintia Luiza Mascarenhas de Souza², Veronica de Jesus
Boaventura³, Lenaldo Muniz de Oliveira⁴, Claudinéia Regina Pelacani⁴**

¹ Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, mayana.agr@hotmail.com; ² Doutora em Recursos Genéticos Vegetais; ³ Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais; ⁴ Professor (a) titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana-Bahia, Brasil.

RESUMO: A amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) são espécies que apresentam em comum o processo natural de armazenar água e nutrientes no sistema radicular, entretanto é necessário mais estudos a respeito. O objetivo deste trabalho foi determinar a partição de fotoassimilados na planta e compreender a contribuição do sistema radicular tuberoso para a manutenção do crescimento inicial das mudas de amburana e umbuzeiro. O experimento foi instalado e conduzido na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, Brasil. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, considerando quatro intervalos (60; 120; 180 e 240 dias após o transplântio das mudas). As variáveis analisadas foram: altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha e raízes tuberosas, número de folhas, área foliar e massa seca. A partir dos dados de massa seca e área foliar total, foram determinados os índices relativos à taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e peso específico da folha (PEF). A partição de fotoassimilados das espécies demonstrou que em ambas, inicialmente, a raiz tuberosa se comporta como um dreno de alta atividade, pois a maior parte do ganho de carbono líquido da fotossíntese é incorporando nessa região, até que se conclua sua formação, sendo seguido de ramos, raízes secundárias e folhas. As plantas de *S. tuberosa* apresentaram médias superiores às de *A. cearensis* para a maioria das variáveis de crescimento estudadas, com conseqüente crescimento e desenvolvimento mais acelerado. Observa-se interferência no crescimento inicial das plantas causada pela formação das raízes tuberosas, sendo este um órgão de reserva.

Palavras-chave: Caatinga. Arbórea. Raiz tuberosa

GROWTH AND SPLIT OF YOUNG PLANTS DRY MASS AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) AND UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)

ABSTRACT: The amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) are species that have in common senescence in the dry season fast sprouting and recovery of shoots in the rainy season. It is known that these particular characteristics are due to the natural process of storing water and nutrients in the root system. However it is still unclear whether this storage occurs identically between species, or just like that. The objective of this study was to determine the photoassimilates partition in the plant and understand the contribution of the tuberous root system to maintain the initial growth of seedlings amburana and umbuzeiro. The experiment was conducted at the Experimental Unit and Horto Florestal Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia, Brazil. Was used the experimental randomized block design, considering four intervals (60, 120, 180 and 240 days after transplanting of seedlings). The variables analyzed were: plant height, stem diameter, length and width of leaf and tuberous roots, number of leaves, leaf area and dry mass. From the dry mass of data and total leaf area were determined indices for absolute growth rate (AGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ratio (LAR), area specific leaf (AFE), leaf weight ratio (RPF) and specific leaf weight (PEF). The assimilate partitioning species showed that both initially tuberous root behaves as a high activity drain, because most of the liquid carbon gain photosynthesis is incorporated in this region, until they complete their formation, followed branches, secondary roots and leaves. Plants of *S. tuberosa* showed average higher than those of *A. cearensis* for most of the growth variables, with consequent growth and further development. Interference is observed in the initial plant growth caused by the formation of tuberous roots, which is a storage organ. Keywords: Caatinga, Tree, Tuberous root.

INTRODUÇÃO

A maior parte da região semiárida do Brasil encontra-se no nordeste do país (IBGE, 2005), apresentando baixa pluviosidade, alta taxas de temperatura média e insolação, e ocorrência de ventos fortes e secos (MAIA, 2004), sendo coberta por uma vegetação denominada Caatinga, com espécies adaptadas às condições ambientais da região (NOGUEIRA, 1997; SANTOS & CARLESSO, 1998).

Esta adaptação pode ser observada, por exemplo, na amburana (*A. cearensis*) e no umbuzeiro (*S. tuberosa*) que apresentam perda de folhas na estação seca, com rápida brotação e recomposição da parte aérea na estação chuvosa (MAIA, 2004), com a finalidade de reduzir a perda de água pela transpiração (CARLESSO, 1993; SANTOS & CARLESSO, 1998), além de apresentarem “batatas subterrâneas” em seu sistema radicular, que armazenam água e nutrientes para o período de estiagem (CUNHA & FERREIRA, 2003; RAMOS et al., 2004; SILVA et al., 2005; GONÇALVES et al., 2006; CAVALCANTI & RESENDE, 2006; CAVALCANTI et al., 2006).

O umbuzeiro é uma espécie endêmica do semiárido brasileiro, com grande importância socioeconômica, sendo seus frutos bastante apreciados “*in natura*” ou na fabricação de geléias e doces (CAVALCANTI & RESENDE, 2006). Além disso, outras partes da planta são também utilizadas na alimentação humana e animal, a exemplo do “xilopódio”, cuja extração desordenada pode levar a morte dos indivíduos mais jovens (EPSTEIN, 1998; CAVALCANTI & RESENDE, 2006). A pressão do extrativismo sobre esta espécie é forte, Cavalcanti et al. (2006) chamam atenção para estudos onde se têm observado a ausência de plantas jovens em seu ambiente natural, cuja causa tem sido atribuída à dificuldade de germinação das sementes, ao desmatamento desordenado e a utilização de sua madeira por carvoarias.

Por outro lado, a amburana é uma árvore frondosa, nativa do sertão nordestino brasileiro, considerada típica da caatinga, com conhecido potencial medicinal (CANUTO et al., 2010), sendo a casca da árvore e sementes utilizadas na produção de medicações populares (BERG, 1986; CANUTO & SILVEIRA, 2006). Por suas qualidades madeireiras, como a durabilidade, vem sendo amplamente utilizada na carpintaria e tem sido explorada até a exaustão nos locais de ocorrência (HILTON-TAYLOR, 2000; CANUTO et al., 2010).

Frente a tais problemas, tem-se aumentado o número de projetos que visam a produção de mudas de espécies nativas em áreas de caatinga, como estratégia ao reflorestamento ou manutenção da atividade das indústrias que as utilizam como matéria prima, enfocando diferentes aspectos do desenvolvimento vegetal, como a fisiologia da germinação de sementes e o desenvolvimento inicial de várias espécies de interesse florestal (ALMEIDA et al., 1994; WHITMORE, 1996; SCALON et al., 2001).

Em vista da necessidade de avaliação do desenvolvimento inicial de plantas das espécies de grande importância para a região semiárida, estabeleceu-se um conjunto de parâmetros que constituem a técnica de análise de crescimento, sendo está uma ferramenta

bastante empregada na avaliação das diferenças no comportamento de cultivares influenciadas por práticas agronômicas, efeitos de competição ou climáticos, e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (ANDRADE et al., 2005; GUIMARÃES et al., 2008), permitindo avaliar o crescimento total e final da planta e a contribuição dos diversos órgãos no crescimento total (FELTRIM et al., 2008). Desta forma é possível estabelecer cultivares promissoras e também distinguir como as diferentes espécies se comportam e quais estratégias utilizam frente a condições climáticas desfavoráveis.

O objetivo deste trabalho foi determinar a partição de fotoassimilados na planta e compreender a contribuição do sistema radicular tuberoso para a manutenção do crescimento inicial das mudas de amburana (*A. cearensis*) e umbuzeiro (*S. tuberosa*).

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes, para obtenção das mudas, foram provenientes de plantas matrizes localizadas na Embrapa Semiárido, município de Petrolina-PE (9° 23' S e 40° 30' W). O experimento foi instalado e conduzido na Unidade Experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana-BA.

A semeadura foi realizada em sacos de polietileno com capacidade de 1 Kg, preenchidos com substrato preparado com uma mistura de terra vegetal e areia, na proporção de 2:1, respectivamente. Após dois meses da semeadura, as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de estatura e transferidas para vasos plásticos com 50cm de altura e 20cm de diâmetro, contendo a mesma mistura utilizada na germinação das sementes. As plantas foram mantidas em viveiro com telado de sombrite com 50% de luminosidade e irrigadas em dias alternados para manutenção da umidade do solo. As plantas daninhas foram retiradas manualmente.

Foram realizadas avaliações a cada 60 dias, durante 240 dias (período de outubro de 2012 a maio de 2013). As variáveis analisadas foram dimensões lineares (altura da planta, diâmetro do caule, comprimento e largura de folha e raízes tuberosas), número de unidades estruturais (número de folíolos), medidas de superfície (área foliar) e massa seca (folhas, ramos, raízes tuberosas e raízes laterais).

A altura das plantas foi obtida medindo-se o caule da superfície do solo até o ápice, utilizando régua milimétrica. Para obtenção do diâmetro do colo das mudas tomou-se uma medida na altura da superfície do solo, com auxílio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, também utilizado para medir a largura e comprimento dos folíolos, medindo-se três

folíolos localizados no ápice, meio e base da folha e calculada a média. O número de folíolos foi apurado com a contagem dos folíolos vivos e em crescimento. Para determinação da área foliar total das mudas foi utilizado o método de projeção de imagem, por escaneamento, calculando-se em seguida a área através do Software Quant. A massa seca das plantas foi avaliada em balança analítica após separação (raiz laterais, raízes tuberosas, ramos e folhas) e posterior secagem do material vegetal em estufa de ventilação forçada a 60° C, até peso constante.

A partir dos dados de massa seca e de área foliar, foram obtidos os índices referentes a taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e peso específico da folha (PEF), de acordo com Benincasa (2003) e Cairo (2008).

A partição de fotoassimilados foi obtida quantificando-se a porcentagem de matéria seca acumulada em cada órgão da planta (raiz laterais, raízes tuberosas, ramos e folhas), em cada idade avaliada.

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, considerando duas espécies (*A. cearensis* e *S. tuberosa*) e quatro intervalos (60; 120; 180 e 240 dias após o transplante das mudas (DAT)), com quatro repetições por fase de avaliação. A parcela experimental foi constituída de uma planta útil, com espaçamento de 0,5 m entre vasos e 1m entre blocos. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2000) e quando significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Adicionalmente, análises de regressão linear também foram aplicadas.

RESULTADO

O estudo da partição de fotoassimilados (Figura 1) demonstrou que nas espécies, os drenos preferenciais são as raízes tuberosas, seguidos de ramos, folhas e raízes laterais.

Inicialmente, a raiz tuberosa se comporta como um dreno de alta atividade, pois a maior parte do ganho de carbono líquido da fotossíntese, representado pelo aumento de massa seca, é incorporando nessa região, até que se conclua sua formação. Além disso, foi observado em *A. cearensis* um alto investimento da matéria seca na raiz tuberosa por todo período avaliado, com pouca oscilação entre as massas secas da parte aérea e radicular. Plantas de *S. tuberosa* priorizaram o investimento de matéria seca na raiz tuberosa até os 60

DAT, seguido de um equilíbrio da partição de fotoassimilados entre a parte aérea e a radicular, que perdurou até o final das avaliações.

As raízes laterais apresentaram menor demanda de fotoassimilados, quando comparado com os demais órgãos, em todo período avaliado, para ambas as espécies estudadas. Contudo, as plantas de *S. tuberosa* apresentaram acréscimo da alocação de assimilados para este órgão aos 120 e 180 DAT (Figura 1), devido a elevada temperatura apresentada neste período (entre os meses de dezembro a fevereiro), como estratégia para aumentar a superfície de absorção de água e nutrientes, aumentando as reservas das raízes tuberosas.

Com o aumento da alocação de assimilados para as raízes laterais, observa-se uma redução na massa seca alocada nos ramos e folhas (Figura 1), como tentativa de reduzir a taxa transpiratória e conseqüentemente perda de água para atmosfera, que é estimulada com a alta temperatura. Posteriormente, aos 240 DAT, com a redução da temperatura e início das chuvas na região (mês de abril), ocorre uma recomposição da parte aérea, utilizando as reservas realizadas nas raízes tuberosas.

Em relação aos parâmetros de crescimento analisados, verificou-se através da análise de variância que as fontes de variação influenciaram significativamente a maior parte delas (Anexo A). Para todas as variáveis, houve uma tendência linear positiva, havendo aumento gradual com o avanço do desenvolvimento inicial das plantas (dias após o transplântio) (Figura 2).

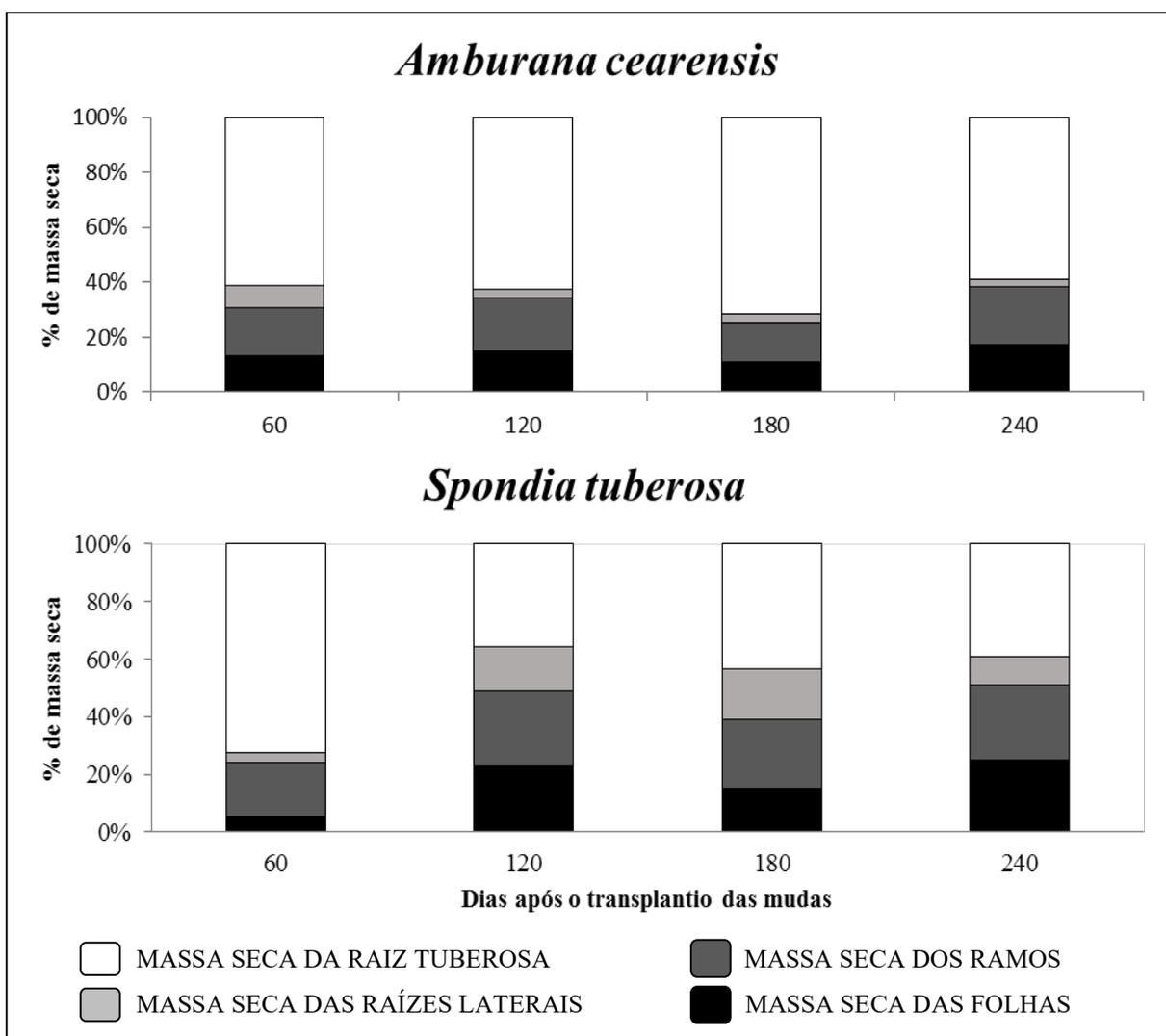


Figura 1- Distribuição de massa seca, em porcentagem do total de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* após o transplântio das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

Para as variáveis de crescimento altura da planta, comprimento e largura dos folíolos e número de folíolos, as plantas de *S. tuberosa* apresentaram valores superiores, quando comparadas com as de *A. cearensis* ao final do período (Figura 2), demonstrando ser uma espécie de crescimento e desenvolvimento mais acelerados. Porém os maiores incrementos em altura da planta, número, comprimento e largura dos folíolos são observados após os 60 DAT, quando então se encerra a formação da raiz tuberosa, reduzindo sua atividade como dreno, conforme observado na figura 1.

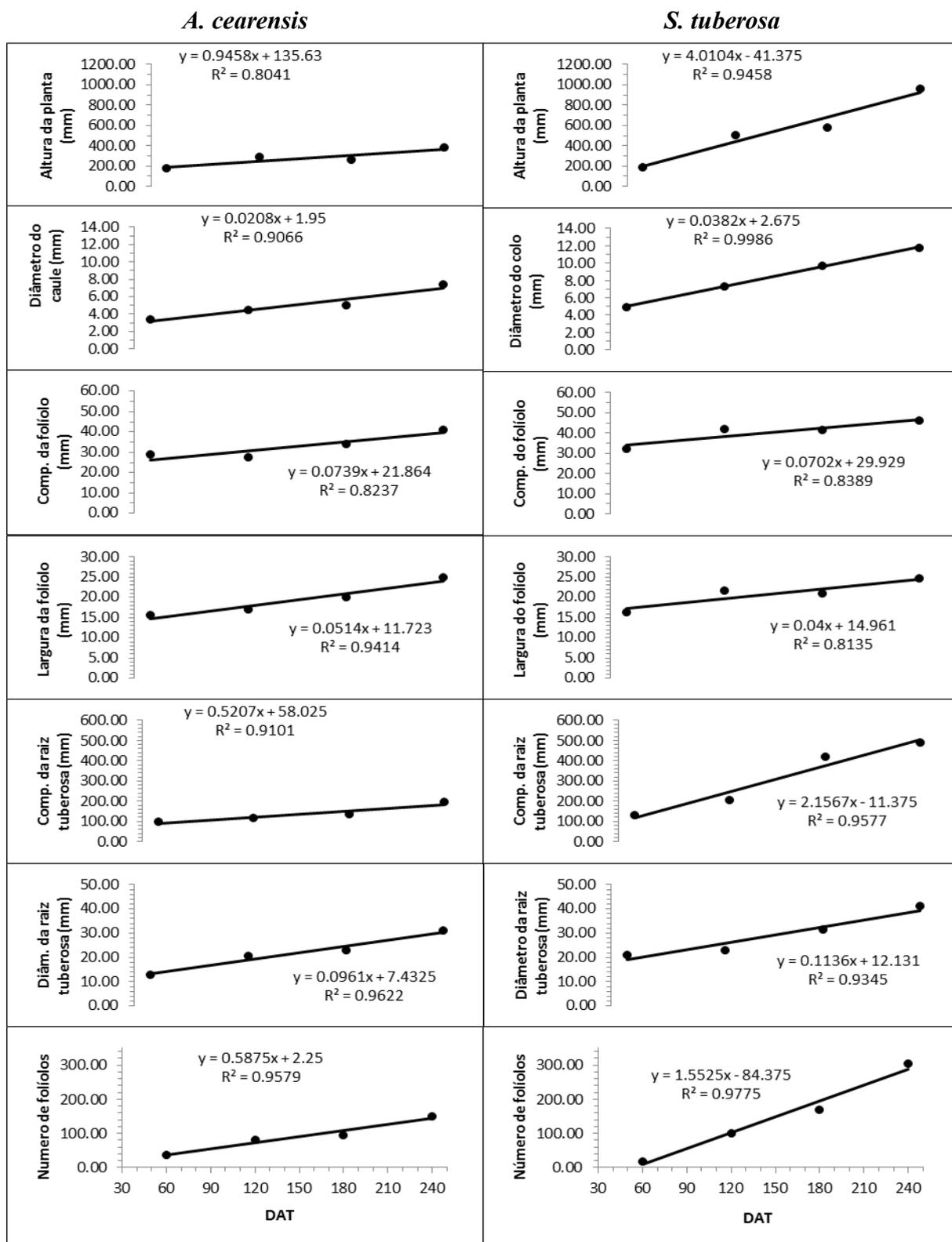


Figura 2- Altura da planta, diâmetro do colo, comprimento e largura do folíolo, comprimento e diâmetro da raiz tuberosa e número de folíolos de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, em diferentes números de dias após o transplântio das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

Nesse estudo, observou-se que as plantas de *A. cearensis* apresentaram padrões inversos entre área foliar específica (AFE) e peso específico da folha (PEF), conforme era esperado (Figura 3), com redução da AFE e incremento da PEF. Este comportamento indica aumento na espessura da folha, corroborando com o aumento da alocação de massa seca para as olhas no mesmo período observado na figura 1.

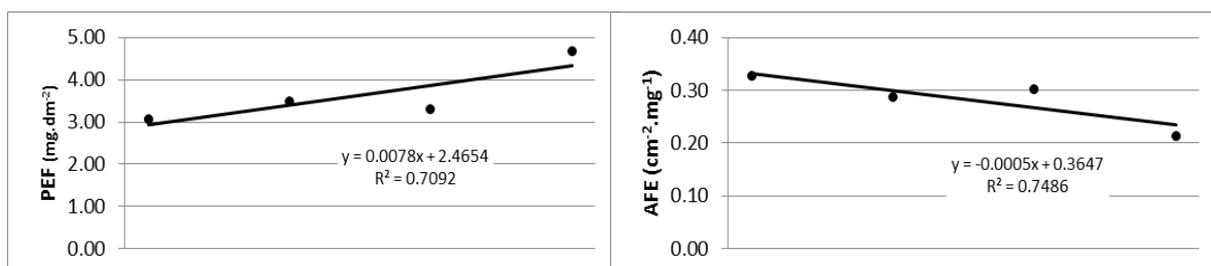


Figura 3- Peso específico de folha (PEF), área foliar específica (AFE)), de plantas jovens de *A. cearensis*, após o transplântio das mudas (DAT). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

As plantas de *S. tuberosa* apresentaram valores baixos para razão de área foliar (RAF) aos 60 DAT, com aumento aos 120 DAT (Figura 4), coincidindo com a redução na demanda por fotoassimilados para a raiz tuberosa e sua completa formação (Figura 1), demonstrando a influencia da atividade deste dreno no desenvolvimento da planta. Houve um decréscimo na RAF aos 180 DAT (Figura 4), em resposta a redução na translocação de assimilados para as folhas nesse período (Figura 1), seguida de um acréscimo aos 240 DAT, devido à redução da temperatura, aumento da pluviosidade e consequente recomposição da parte aérea.

Nas plantas de *S. tuberosa*, a variável razão de peso da folha (RPF) (Figura 4) seguiu o mesmo comportamento da alocação de massa seca nas folhas (Figura 1), com redução aos 180 DAT e acréscimo aos 240 DAT, pelos mesmos motivos que motivaram a redução e recomposição da parte aérea das plantas neste período.

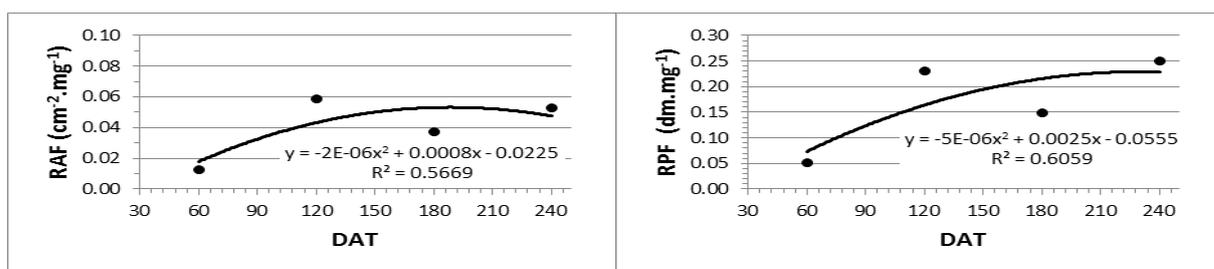


Figura 4- Razão de área foliar (RAF) e razão de peso foliar (RPF), de plantas jovens de *S. tuberosa*, após o transplântio das mudas (DAT). Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

As plantas de *S. tuberosa* apresentaram-se superiores as de *A. cearensis* quanto a taxa de crescimento absoluto (TCA) e taxa de crescimento relativo (TCR) (Tabela 1), o que explica seu crescimento mais acelerado, com uma TCA médio de 2,3 vezes superior.

As espécies estudadas apresentaram valores crescentes para TCA, TCR e taxa de assimilação líquida (TAL) (Tabela 1). O acréscimo observado nos valores de TCA e TCR com o desenvolvimento das plantas indica que para estas espécies a velocidade de crescimento é influenciada pelo padrão de alocação de massa seca (Figura 1) principalmente após a formação da raiz tuberosa. O acréscimo da TAL evidencia a alta eficiência do aparelho fotossintético e adaptabilidade das plantas entre a síntese e a degradação de fotoassimilados, de forma a atender à grande demanda das raízes tuberosas em formação, assim como dos demais órgãos em crescimento.

Tabela 1- Médias das variáveis taxa de Crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL) de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, após o transplântio das mudas. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

ESPÉCIE	IDADE			
	(intervalo de dias após o transplântio das mudas)			
	60-120	120-180	180-240	Média
Taxa de crescimento absoluto (TCA) (mg.dia ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	47.05b	62.22b	155.90a	88.39
<i>Spondias tuberosa</i>	99.11b	199.27ba	310.49a	202.96
Taxa de crescimento relativo (TCR) (mg.mg ⁻¹ .dias ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	8.31c	8.89 ^a	9.63b	8.94
<i>Spondias tuberosa</i>	8.93c	9.77b	10.40a	9.70
Taxa de assimilação líquida (TAL) (mg.cm ⁻² .dia ⁻¹)				
<i>Amburana cearensis</i>	0.26b	0.35 ^a	0.36a	0.32
<i>Spondias tuberosa</i>	0.23b	0.32b	0.56a	0.37

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

DISCUSSÃO

Em plantas de *A. cearensis* o desenvolvimento da parte aérea foi lento, em comparação com o elevado crescimento das raízes tuberosas, diferente das plantas de *S. tuberosa*, que apresentaram um alto acúmulo de massa seca na parte aérea das plantas após os 60 DAT, em função da redução da atividade da raiz tuberosa, por ocasião da sua completa formação.

O alto investimento na formação da raiz tuberosa nas espécies estudadas sugere que este seja um órgão importante para acúmulo de nutrientes durante o período de caducifolia e reservatório hídrico para as plantas, sendo fator positivo na seleção de espécies em ambientes

sob intensa estacionalidade climática, como na caatinga, contribuindo para sobrevivência destas em período de seca. Resultados semelhantes foram obtidos por Ramos et al. (2004), trabalhando com *A. cearensis*, onde observaram que a maior parte da massa seca total acumulada pelas plantas foi alocada na raiz tuberosa, então chamada de xilopódio, em todos os níveis de sombreamento.

O baixo acúmulo de massa seca nas raízes laterais está em conformidade com sua descrição, que segundo Maia (2004), nestas espécies é pouco abundante, superficiais, longas e finas. De acordo com Cavalcanti et al. (2006), na planta adulta de umbuzeiro as raízes laterais são longas e superficiais, distribuídas de acordo com a projeção da copa, e alcançando de 1 a 1,5 m de profundidade. Similarmente os valores de comprimento de raiz laterais da amburana encontrados por Ramos et al. (2004), indicam que o sistema radicular desta espécie aos 19 meses de idade ainda está restrito às camadas superficiais do solo.

As espécies apresentaram redução da parte aérea nos meses de maior temperatura e menor pluviosidade, com recomposição desta em período de início das chuvas na região e temperaturas mais amenas. Esse comportamento demonstra que apesar da irrigação constante das mudas, as plantas mantiveram o seu padrão de deciduidade na estação seca e rebrota no início das chuvas, indicando que esta é uma característica intrínseca da espécie, como estratégia de adaptação ao déficit hídrico.

Em geral, os padrões de partição de fotoassimilados variam de acordo com a espécie, idade e condições as quais as mesmas são submetidas. Tais parâmetros vêm sendo empregados em diversos estudos para comparar o comportamento de diferentes espécies ou genótipos de uma mesma espécie (PEIXOTO et al., 2006; ANDRADE et al., 2009; FERNANDES et al., 2010; SIMILI et al., 2013) ou para comparar espécies submetidas a condições de crescimento e/ou ambientais diferentes (LANZA et al., 2013; BARBIERI et al., 2011; LOPES et al., 2009).

O acréscimo gradual nos parâmetros de crescimento era esperado com o avanço do desenvolvimento inicial (dias após o transplante) das plantas. Contudo as plantas de *S. tuberosa* apresentaram crescimento e desenvolvimento mais acelerados, embora para os parâmetros relacionados a parte aérea da planta, tal quais altura da planta, número, comprimento e largura dos folíolos, esse acréscimo só é observado após os 60 DAT, quando então se encerra a formação da raiz tuberosa, reduzindo sua atividade como dreno.

Dados semelhantes, relativos a altura e diâmetro do caule, foram encontrados por Silva et al. (2005), testando doses de adubação em *S. tuberosa*, onde a altura variou de 24,1 para

40,0 cm e o diâmetro do caule variou de 4,0 para 6,0 mm. Segundo Araújo et al. (2001) plântulas de umbu com 70 dias após a semeadura apresentaram os seguintes índices de crescimento: 13,4 cm de altura, 11,3cm de comprimento do “xilopódio” e 3,3 mm de diâmetro do “xilopódio”. Ramos et al. (2004), verificaram que as plantas de *A. cearensis* apresentaram pequeno crescimento da parte aérea, com um aumento de altura da ordem de 5cm e uma diferença de apenas 1 mm no diâmetro do colo de plantas, entre os 4 e 16 meses de idade.

A AFE é expressa pela razão entre a área foliar e a massa seca das folhas (BENINCASA, 2003), e esta relacionada à alocação de biomassa por unidade de área, à longevidade foliar e o custo de construção das folhas (FRANCO et al., 2005). O inverso da AFE indica a espessura da folha (massa seca das folhas/Área Foliar) que é chamado de PEF (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). Nesse sentido, os acréscimos da PEF e decréscimos da AFE observados nas plantas de *A. cearensis* indicam, segundo Ferreira (1996), aumento na espessura da folha, resultante do aumento do tamanho e do número de células.

Como o peso seco da folha é inversamente proporcional a AFE, logo um acréscimo na massa seca foliar, resulta em decréscimo da AFE, e este comportamento pode ser observado para a espécie, onde houve um decréscimo na massa seca alocada nas folhas aos 180 DAT e um acréscimo da AFE e decréscimo da PEF no mesmo período, demonstrando que aos 180 DAT, devido a alta temperatura nos meses de dezembro a fevereiro, as plantas reduzem a área foliar e a espessura das folhas para evitar a perda de água pela transpiração, favorecendo um acréscimo nas reservas das raízes tuberosas em formação. Trabalhando com 22 espécies presentes na região semiárida nordestina, Santiago (2013) encontrou AFE de $1,62 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ em plantas adultas de umbuzeiro (*S. tuberosa*) e de $- 0,59 \text{ cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ para aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) e também para a braúna do sertão (*Schinopsis brasiliensis*), indicando a intervenção dos aspectos ambientais e fisiológicos na variação de comportamento das plantas para esta variável.

A RAF expressa à área foliar útil para a fotossíntese, pois se trata da razão entre a área foliar, que é responsável pela interceptação da energia luminosa e CO_2 , e a massa seca total, que por sua vez é o resultado da fotossíntese (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). Logo o comportamento da RAF nas plantas de *S. tuberosa* respondeu inversamente a demanda da raiz tuberosa sendo, portanto influenciada pelo processo de formação deste órgão. Acréscimos nos valores da RAF não foram observados em trabalho realizado com plantas de Sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) (PEDROSO & VARELA, 1995), uma

vez que esta espécie não apresenta sistema radicular tuberoso e, portanto a maior parte do material fotossintetizado é convertida em folhas, visando à maior captação da radiação solar disponível.

A RPF representa a capacidade de translocação de fotoassimilados da parte aérea, onde estes são sintetizados, para o resto da planta. Quanto maior for esta razão, mais matéria seca estará retida nas folhas em detrimento a exportada, e menos eficiente é a translocação (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). Portanto, as plantas de *S. tuberosa* apresentaram menor eficiência na translocação quando se fez necessário maior alocação de massa seca nas folhas para recomposição da parte aérea, ou seja, no período de início das chuvas na região e temperaturas mais amenas. Este comportamento demonstra que a RPF sofre influência da partição de fotoassimilados (Figura 1), sendo afetada pela formação da raiz tuberosa e pelas estratégias de adaptação ao déficit hídrico apresentadas pelas plantas, tal qual a demanda e alocação de assimilados.

A TCA reflete a velocidade de crescimento da planta ao longo do período de observação, ou seja, o incremento entre duas amostragens, diferente da TCR, que mede o incremento ao longo de todo ciclo em função do peso inicial, cujo cálculo se baseia em valores de peso preexistentes. (BENINCASA, 2003; CAIRO et al., 2008). O comportamento das espécies com relação a TCA e TCR sugere que a *S. tuberosa* tem crescimento e desenvolvimento mais acelerado, quando comparada com a *A. cearensis*, corroborando com o resultado dos parâmetros de crescimento.

A TAL representa o balanço entre a fotossíntese e respiração, e pode ser positiva ou negativa, conforme as condições de meio e manejo a que a planta é submetida. Representa ainda a eficiência do aparelho fotossintético, pois reflete o acréscimo em massa por unidade de área foliar por tempo (BENINCASA, 2003). Logo acréscimos graduais nesta variável no decorrer do crescimento das plantas sugere a eficiência do aparato fotossintético em atender a demanda para formação de órgãos de reserva sem comprometer o desenvolvimento da planta. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos com catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.) (DANTAS et al., 2009).

CONCLUSÃO

Para as espécies em estudo, os drenos preferenciais são as raízes tuberosas, seguidos de ramos, folhas e raízes laterais. Inicialmente, a raiz tuberosa se comporta como um dreno de

alta atividade, e a maior parte do ganho de carbono líquido da fotossíntese é incorporando nessa região, até que se conclua sua formação.

As plantas de *S. tuberosa* apresentaram médias superiores as de *A. cearensis* para a maioria das variáveis de crescimento estudadas, com conseqüente crescimento e desenvolvimento mais acelerado.

Os resultados demonstraram a interferência no crescimento inicial das plantas causada pela formação das raízes tuberosas, sendo este um órgão de reserva.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S.S.; ARAGÃO, I.L.G. de; SILVA, P.J.D. Efeito de clareiras naturais na estrutura de plântulas de *Vochysia guianensis* Aubl. (Vochysiaceae), em floresta amazônica de terra firme. **Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, Nova série, Botânica**, Belém, v.10, p.91- 103, 1994.

ANDRADE, A.C.; D.M. da; LOPES, R. dos S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Análise de crescimento do capim-elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.415-423, 2005.

ANDRADE, C.A. DE B.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A. DE L.; MARTORELLI, D.T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v.31, n.4, p.683-688, 2009.

ARAÚJO, F.P. de et al. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.26, n.2, p.36-39, 2001.

BARBIERI, D.J.; BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P.; ROQUE, C.G. Análise de crescimento de *Bixa orellana* L. sob efeito da inoculação micorrízica e adubação fosfatada. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Botucatu, v.13, n.2, p.129-138, 2011.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BERG, M.E.V.D. 1986. Formas atuais e potenciais de aproveitamento das espécies nativas exóticas do Pantanal Mato-Grossense. In: Simpósio sobre recursos naturais e sócio econômicos do pantanal, **Anais...** Corumbá, Embrapa – UFMS. Brasília: (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 5). 1984. Pp. 131-136.

CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, L.E.M.; MESQUITA, A.C. **Análise de Crescimento de Plantas**, Vitória da conquista, Edições Uesb, 2008, p. 29-43.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* A.C. SMITH. **Química Nova**, v.29, n.6, p.1241-1243, 2006.

CANUTO, K.M.; SILVEIRA, E.R. Estudo fitoquímico de espécimens cultivados de cumaru (*amburana cearensis* A. C. Smith). **Quim. Nova**, v.33, n.3, p.662-666, 2010

CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. East Lansing: Michigan State University. 1993.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Revista Caatinga**, v.19, n.3, p.287-293, 2006.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M.; DRUMOND, M.A.; BRITO, L.T.L. Emergência e sobrevivência de plântulas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na caatinga. **Revista Caatinga**. v.19, n.4, p.391-396, 2006.

CUNHA, M.C.L.; FERREIRA, R.A. Aspectos morfológicos da semente e do desenvolvimento da planta jovem de *Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A.C. Smith -Cumaru - LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.2, p.89-96, 2003.

DANTAS, B. et al. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**. Viçosa-MG, v.33, n.3, p.413 – 423, 2009.

EPSTEIN, L. A riqueza do umbuzeiro. **Bahia Agrícola**, v.2, n.3, p.31-34, nov. 1998.

FELTRIM, A.L.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARBOSA, J.C. Crescimento e acúmulo de macronutrientes em chicória coberta e não coberta com polipropileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, p.50-55. 2008.

FERNANDES, A.M.; SORATTO, R.P.; SILVA, B.L.; SOUZA-SCHLICK, G.D. de. Crescimento, acúmulo e distribuição de matéria seca em cultivares de batata na safra de inverno. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.8, p.826-835, 2010.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. **Anais...** 2000, São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

FERREIRA, E. Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico. 1966. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FRANCO, A.C. et al. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. **Trees**. (Washington), v.19, p.326-335, 2005.

GONÇALVES, F.C.; NEVES, O.S.C.; CARVALHO, J.G. Deficiência nutricional em mudas de umbuzeiro decorrente da omissão de macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.6, p.1053-1057, jun. 2006.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; NEVES, P. de C.F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.465-470, 2008.

HILTON-TAYLOR, C. (compiler) 2000. **2000 IUCN Red List of Threatned Species**. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Disponível em: <www.biodiversitas.org.br/listasmg/iucn.pdf>. Acesso em: 10 de setembro de 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapas de biomas e vegetação**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 set. 2014.

LANZA, L.N.M.; ROSSI, S.C.; SODEK, L. Adubação nitrogenada beneficia soja alagada. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, p.2-9, 2013.

LOPES, J.P.; MACHADO, E.C.; DEUBER, R.; MACHADO, R.S. Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.839-848, 2009

MAIA, G.N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora. 2004.

NOGUEIRA, R.J.M.C.N. **Expressões fisiológicas em aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas**. 1997. Tese (Doutorado em Ciências – Ecologia e Recursos Naturais) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

PEDROSO, S.G.; VARELA, V.P. Efeito do sombreamento no crescimento de mudas de Sumauma (ceiba pentandra (e.) Gaertn). **Revista Brasileira de Sementes**, v.17, n.1, p.47-51, 1995.

PEIXOTO, C.P.; CERQUEIRA, E.C.; SOARES FILHO, W. dos S.; CASTRO NETO, M.T. de; LEDO, C.A. de S.; MATOS, F.S.; OLIVEIRA, J.G. de. Análise de crescimento de diferentes genótipos de citros cultivados sob déficit hídrico. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v.28, n.3, p.439-443, Dezembro 2006.

RAMOS, K.M.O.; FELFILI, J.M.; FAGG, C.W.; SOUSA-SILVA, J.C.; FRANCO, A.C. Desenvolvimento inicial e repartição de massa seca de *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Smith, em diferentes condições de sombreamento. **Acta Botânica Brasilica**, v.18, n.2, p.351-358, 2004.

SANTIAGO, R.R. **Atributos foliares como ferramenta de identificação de grupos funcionais da caatinga**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde – Paraíba, 2013;

SANTOS, R.F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SCALON, S.P.Q.; SCALON FILHO, H.; RIGONE, M.R.; VERALDO, F. Germinação e crescimento de mudas de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.) sob condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.652-655, 2001.

SILVA, E.B.; GONÇALVES, N.P.; PINHO, P.J. Limitações nutricionais para crescimento de mudas de umbuzeiro em Latossolo Vermelho distrófico no Norte de Minas. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.27, n.1, p.55-59, 2005.

SIMILI, F.F.; LIMA, M.L.P.; MEDEIROS, M.I.M. DE; PAZ, C.C.P. DE; RUGGIERI, A.C.; REIS, R.A. Hydrocyanic acid content and growth rate of Sorghum x sudan grass hybrid during fall. **Ciência Agroecológica**. Lavras, v.37, n.4, p.299 – 305, 2013.

WHITMORE, T.C. A review of some aspects of tropical rain forest seedling ecology with suggestions for further enquiry. In: SWAINE, M.D. (Ed). **The ecology of tropical forest tree seedlings - man and the biosphere series**. New York, 1996. v.17, p.3-39.

CAPITULO 3

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE PLANTAS JOVENS DE AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO

**ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE PLANTAS JOVENS DE AMBURANA (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) E UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)
SUBMETIDAS AO DÉFICIT HÍDRICO**

**Mayana Matos de Oliveira¹, Elayne Katia Dos Santos Galvao², Rogério Ferreira Ribas³,
Manoel Texeira de Castro Neto³, Claudinéia Regina Pelacani⁴**

¹ Doutoranda em Recursos Genéticos Vegetais, mayana.agr@hotmail.com; ² Graduada em Engenharia Florestal; ³ Professor (a) titular da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Bahia, Brasil; ⁴ Professor (a) titular da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana-Bahia, Brasil.

RESUMO: A amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) A. C. Smith) e umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) destacam-se pela resistência a seca por meio da formação de raízes tuberosas e da perda de folhas na estação seca. Esse trabalho teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas de plantas jovens de amburana e umbuzeiro, e determinar a contribuição de seu sistema radicular para a sobrevivência da espécie em situações de déficit hídrico. O experimento foi instalado e conduzido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, onde foram realizadas avaliações de trocas gasosas (no intervalo de aproximadamente três horas), levando em consideração período irrigado e o período de imposição do déficit hídrico, com auxílio de um sistema IRGA (ADC Lcpro+, UK), e teor relativo de água (TRA). A quantificação de açúcares solúveis totais (AST) e redutores (AR) do material vegetal foi realizada na unidade experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia. As avaliações para quantificação de carboidratos e teor relativo de água foram realizadas no início, em plantas irrigadas, e no final da imposição do déficit hídrico (19 dias após a suspensão da irrigação). As espécies apresentam adaptações ao déficit hídrico, como o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, mecanismo de armazenamento de água e nutrientes em seu sistema radicular tuberoso e mecanismo de ajustamento osmótico. A introdução de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* pode ser recomendada para programas de restauração de áreas degradadas e manejo florestal.

Palavras-chave: Caatinga. Trocas gasosas. Fluorescência. Ajustamento osmótico.

**PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF AMBURANA YOUNG PLANTS (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) AND UMBUZEIRO (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)
SUBMITTED TO WATER DEFICIT**

ABSTRACT: The amburana (*Amburana cearensis* (Fr. All.) AC Smith) and umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) stand out for their resistance to drought through the formation of roots and loss of leaves in the dry season. This work aimed to study the physiological responses of young plants of the amburana and umbuzeiro, and determine the contribution of its root system to the species' survival in water deficit situations. The experiment was installed and conducted at the Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, where they were made of gas exchange assessments (in the range of about three hours), considering irrigated period and the imposition of period water deficit, with the aid of an IRGA system (ADC Lcpro +, UK), and relative water content (TRA). Quantification of total soluble sugars (AST) and reducing (AR) of the plant material was held at the Horto Florestal experimental unit of the Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, Bahia. The reviews for quantification of carbohydrates and relative water content were performed at the beginning, in irrigated plants, and end of the imposition of water deficit (19 days after the suspension of irrigation) The species have adapted to drought, as the opening and closing mechanism of the stomata, water storage mechanism and nutrients in your tuberous roots and osmotic adjustment mechanism. The introduction of young plants of *A. cearensis* and *S. tuberosa* can be recommended for restoration programs of degraded areas and forest management.

Keywords: Caatinga, Gas exchange, Fluorescence, Osmotic adjustment.

INTRODUÇÃO

Amburana cearensis e *S. tuberosa* tem sido exploradas até exaustão nos locais de ocorrência (ANDRADE et al., 1999; HILTON- TAYLOR, 2000; CAVALCANTI et al., 2006), devido as qualidades medicinais, alimentícias e madeireiras. Destacam-se pela resistência a seca por meio de raízes tuberosas, que armazenam água e nutrientes, e também pela perda de folhas na estação seca, como forma de evitar a perda excessiva de água pela transpiração (MAIA, 2004).

Outro exemplo de mecanismo de defesa que pode ser desenvolvido pelas espécies vegetais, quando expostas ao déficit hídrico, é a conversão do amido em carboidratos solúveis (sacarose, glicose, frutose, etc.) e o acúmulo de açúcares no citosol, ajudando a promover o influxo de água (CAIRO, 1995; LARCHER, 2000) e manutenção da turgescência celular. O aumento de açúcares nas folhas em resposta à baixa disponibilidade de água no solo tem sido observado por muitos pesquisadores (CRESPO et al., 2011; SUDACHKOVA et al., 2002; ALBUQUERQUE et al., 2013), sendo chamado de ajustamento osmótico.

Dentre os métodos para avaliar as respostas fisiológicas das plantas sob deficiência hídrica, a análise do teor relativo de água (TRA) e das trocas gasosas têm sido amplamente utilizadas em pesquisas (CHARTZOULAKIS et al., 2002; DAMATTA et al., 2003; SILVA et al., 2003; LIMA FILHO, 2004; LIMA FILHO, 2007; CONFORTO, 2008). Geralmente o déficit hídrico resulta na redução desses parâmetros, por induzir o fechamento estomático, ocasionando mudanças de impacto no metabolismo celular, incluindo a fotossíntese, comprometendo o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Embora tenham boa representatividade, a *A. cearensis* é pouco estudada com raros trabalhos na literatura científica (CANUTO & SILVEIRA, 2010; GUEDES, et al., 2013; LOUREIRO, et al., 2013; SILVA, et al., 2013). Ainda que possamos encontrar informação do comportamento das taxas de trocas gasosas da amburana (AIDAR et al., 2011), não se tem relatos destes trabalhos em condição déficit hídrico, que a planta certamente encontra em seu ambiente natural.

Devido à sua importância econômica e social, o umbuzeiro tem sido estudado em relação à dispersão (SANTOS, 1997), a propagação (OLIVEIRA et al, 1989; NASCIMENTO et al, 1993), a morfologia (BRAGA, 1976), trocas gasosas (LIMA FILHO, 2004) e na composição química do fruto (NARAIN et al, 1992). São encontrados poucos relatos na literatura com relação ao seu comportamento fisiológico e interação com o meio ambiente (LIMA FILHO, 2004 e 2011).

O conhecimento sobre o comportamento destas espécies em face ao déficit hídrico viabilizará melhor manejo das plantas e entendimento do papel de seu sistema subterrâneo no mecanismo de adaptação a uma situação de seca. Esse trabalho teve como objetivo estudar as respostas fisiológicas de plantas jovens de amburana (*A. cearensis*) e umbuzeiro (*S. tuberosa*), e determinar a contribuição de seu sistema radicular na resposta a situações de déficit hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As sementes para obtenção das mudas foram provenientes de plantas matrizes localizadas na Embrapa Semiárido, município de Petrolina-PE (9° 23' S e 40° 30' W). A semeadura foi realizada em sacos de polietileno com capacidade de 1 Kg, preenchidos com substrato preparado com uma mistura de terra vegetal e areia, na proporção de 2:1, respectivamente. Cada saco recebeu 2 sementes, e após a germinação procedeu-se o desbaste.

Completado dois meses da semeadura, as mudas foram selecionadas de acordo com a uniformidade de estatura e transferidas para vasos plásticos com 50 cm de altura e 20 cm de diâmetro, contendo a mesma proporção da mistura utilizada na germinação das sementes, sendo que cada metro cúbico da mistura recebeu 100 g de Uréia, 150 g de Super Simplex e 200 g de Cloreto de Potássio. As plantas permaneceram neste substrato por quatro meses, mantidas em casa de vegetação e irrigadas em dias alternados para manutenção da umidade do solo. As plantas daninhas foram retiradas manualmente.

Após o período de manutenção das plantas, deu-se início a imposição do déficit hídrico, que durou de 04 a 23 de abril de 2014. A umidade do solo (m^3/m^3) foi mensurada com auxílio do Sistema Decagon (Pullman, Wa, USA), munido de sonda 5TE, que monitora as características dielétricas do solo.

Foram estabelecidos horários do dia no intervalo de 07:00 as 17:00 horas (07:00; 09:00; 12:00; 14:00 e 17:00 hs), para monitoramento das trocas gasosas, T_i , RFA e fluorescência da clorofila, assim como intervalos de dias dentro do ciclo de déficit hídrico, considerando zero, sete, treze e dezenove dias de suspensão da rega (DSR), quando então as avaliações foram finalizadas por apresentarem fotossíntese próxima à zero.

As trocas gasosas (taxa de assimilação líquida do CO_2 (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO_2 (C_i)), assim como a temperatura da folha (T_l) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram avaliadas com auxílio do sistema IRGA (ADC Lcpro+, UK), utilizando para tanto o folíolo terminal da folha mais recente madura no monitoramento, por um período suficientemente longo (3-4 minutos) para permitir equilíbrio da taxa fotossintética.

A fluorescência da clorofila (fluorescência mínima adaptada ao escuro (F_o), fluorescência máxima adaptada ao escuro (F_m), rendimento quântico potencial (F_v/F_m), rendimento quântico efetivo ($Y(II)$), dissipação não regulada ($Y(No)$) e dissipação regulada ($Y(NPQ)$) foi obtida com o medidor de fluorescência da clorofila Opti-Science / ADC, modelo OS5p.

No início da imposição do déficit hídrico, com plantas ainda irrigadas (0 DSR) e no final da imposição do déficit hídrico (19 DSR), com plantas estressadas hidricamente, foram realizadas coletas para determinação do crescimento das plantas, quantificação de carboidratos e teor relativo de água.

Os parâmetros utilizados para mensurar o crescimento das plantas irrigadas e submetidas ao déficit hídrico foram: Comprimento e diâmetro da raiz espessada principal, peso fresco e volume de todo sistema subterrâneo da planta, e área foliar. Foram utilizados régua, paquímetro digital, balança digital e medidor de área foliar.

Para a determinação dos açúcares redutores (AR) e solúveis totais (AST) nas raízes tuberosas e folhas, foram retiradas amostras de 1 g de matéria fresca de plantas aos 0 DSR e 19 DSR. Estas amostras foram submersas em nitrogênio líquido e encaminhadas para a unidade experimental Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), onde foram submetidas a extração (Anexo B) e quantificação dos açúcares redutores utilizando o método ácido dinitrosalicílico (DNS) (MILLER, 1959) (Anexo C) e açúcares solúveis totais pelo método da Antrona (YEMM & WILLIS, 1954) (Anexo D).

Para o teor relativo de água, foram retirados 10 discos de 1 cm de diâmetro de plantas aos 0 DSR e 19 DSR, de ambas as espécies, e procedeu-se segundo a metodologia de Turner (1981).

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados e conduzido no Campo Experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Cruz das Almas, Bahia, com três repetições por tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o software Sisvar (FERREIRA, 2000) e quando significativos, as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à importância do sistema subterrâneo da *A. cearensis* e *S. tuberosa* para suas relações hídricas, este foi monitorado na tentativa de se observar seu comportamento sob condição de déficit hídrico.

A Tabela 1 mostra que durante o estudo, a condição de umidade do solo foi da capacidade de campo ao 0 dias da suspensão da rega (DSR) até uma umidade abaixo do ponto de murcha permanente aos 19 DSR.

Tabela 1- Dados de umidade do solo dos vasos de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega (DSR)). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

DSR	UMIDADE DO SOLO (m ³ /m ³)
0	0.242
7	0.091
13	0.069
19	0.010

Confrontando-se esta informação com os dados da Figura 1, pode-se inferir que as plantas de *A. cearensis* e de *S. tuberosa* foram capazes de apresentar crescimento do sistema subterrâneo sob condição de déficit hídrico (Figura 1). Contudo, é provável que este crescimento tenha ocorrido antes da exaustão da água do solo, quando o ponto de murcha permanente foi alcançado. Isto porque a paralização do crescimento das plantas é considerada a primeira e mais séria consequência fisiológica quando há deficiência hídrica no meio (CAIRO, 1995; LARCHER, 2000), no entanto vários autores têm demonstrado que o sistema radicular pode ter crescimento, sob déficit hídrico que inibi o crescimento foliar (CHRISTMANN et al., 2007). Visto que, em face ao déficit hídrico, normalmente o sistema radicular da planta apresenta crescimento direcionado para as regiões de solo mais úmido (DAVIES & ZHANG, 1991; OBER & SHARP, 2013).

Levando-se em consideração que o comprimento e diâmetro foram obtidos na raiz espessada preponderante do sistema radicular, desconsiderando suas ramificações, e que as variáveis volume e peso fresco do sistema subterrâneo foram obtidos considerando todo o sistema subterrâneo, levando a acréscimos maiores em volume e peso fresco, quando comparadas com comprimento e diâmetro do sistema radicular (Figura 1), devido as ramificações das raízes tuberosas, que foram em maior ocorrência em plantas submetidas ao déficit hídrico (Figura 2). Como as raízes da planta não alcançaram o fundo do vaso, esse comportamento sugere que o déficit hídrico age como possível indutor da ramificação, como mecanismo de tolerância, na tentativa de aumentar seu potencial de reserva de água e nutrientes.

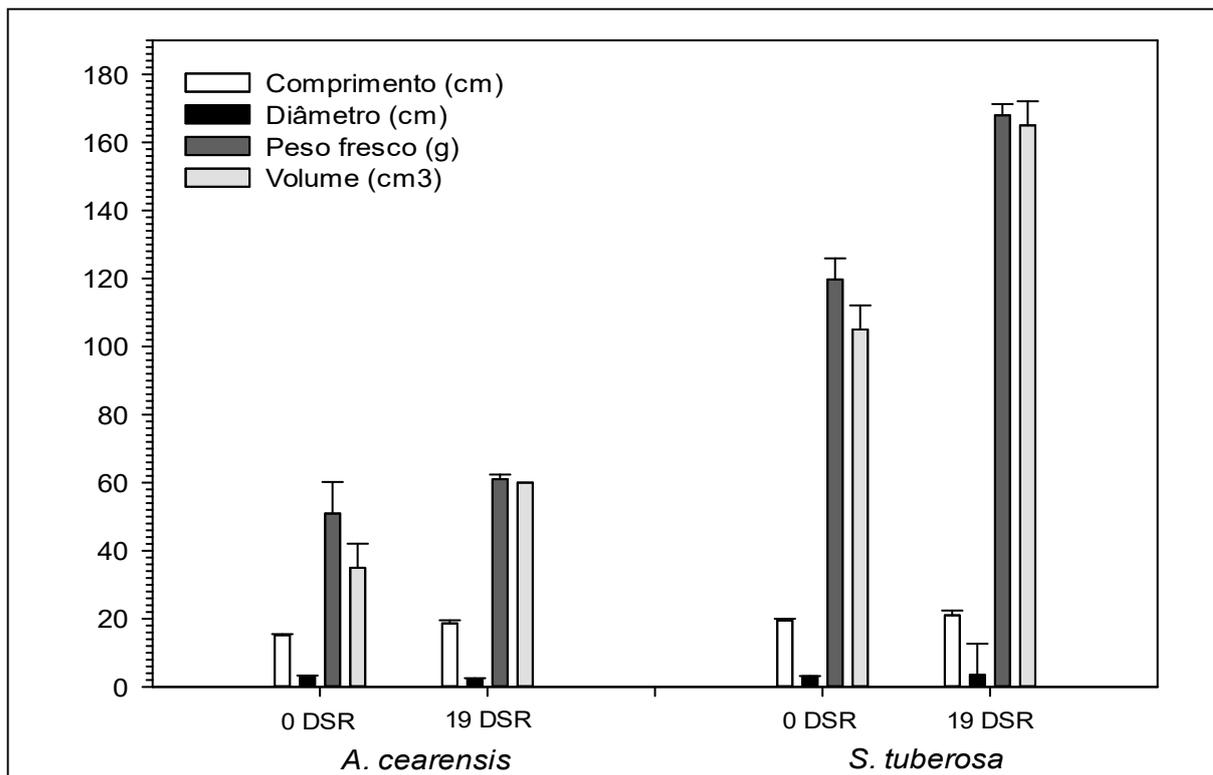


Figura 1- Comprimento, diâmetro, massa fresca e volume, da raiz tuberosa de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, irrigadas (0 DSR) e estressadas hidricamente (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015. Barras indicam desvio padrão da média.

Os dados referentes à área foliar total de plantas jovens de amburana e umbuzeiro obtidas nos dois períodos avaliados, antes e após a suspensão da irrigação, estão representados na Figura 3. Observou-se que a área foliar das plantas jovens de *A. cearensis* mostrou redução de aproximadamente 94% com a imposição do déficit hídrico, enquanto que plantas de *S. tuberosa* tiveram redução de 81%.

Em termos fisiológicos, a senescência foliar, verificada mediante a queda de folhas, foi o fator que contribuiu significativamente para essas reduções, funcionando como mecanismo de adaptação. Segundo Chaves et al. (2004), a limitação da área foliar pode ser considerada a primeira linha de defesa contra a deficiência hídrica, diminuindo consideravelmente a área da superfície transpirante.

A redução da área foliar em plantas sob condições de déficit hídrico tem sido observada na cultura do milho (CARLESSO, 1993), do eucalipto (OSÓRIO et al., 1998; TATAGIBA, 2007) e do nim-indiano (MATINS, 2010), sendo considerada uma resposta ‘precoce’ e adaptativa das plantas quando há limitação hídrica. Conforto (2008), avaliando

plantas jovens de seringueira, encontrou reduções de aproximadamente 21% e 33% na área foliar de plantas estressadas das cultivares enxertadas GT1 e RRIM 600, respectivamente.

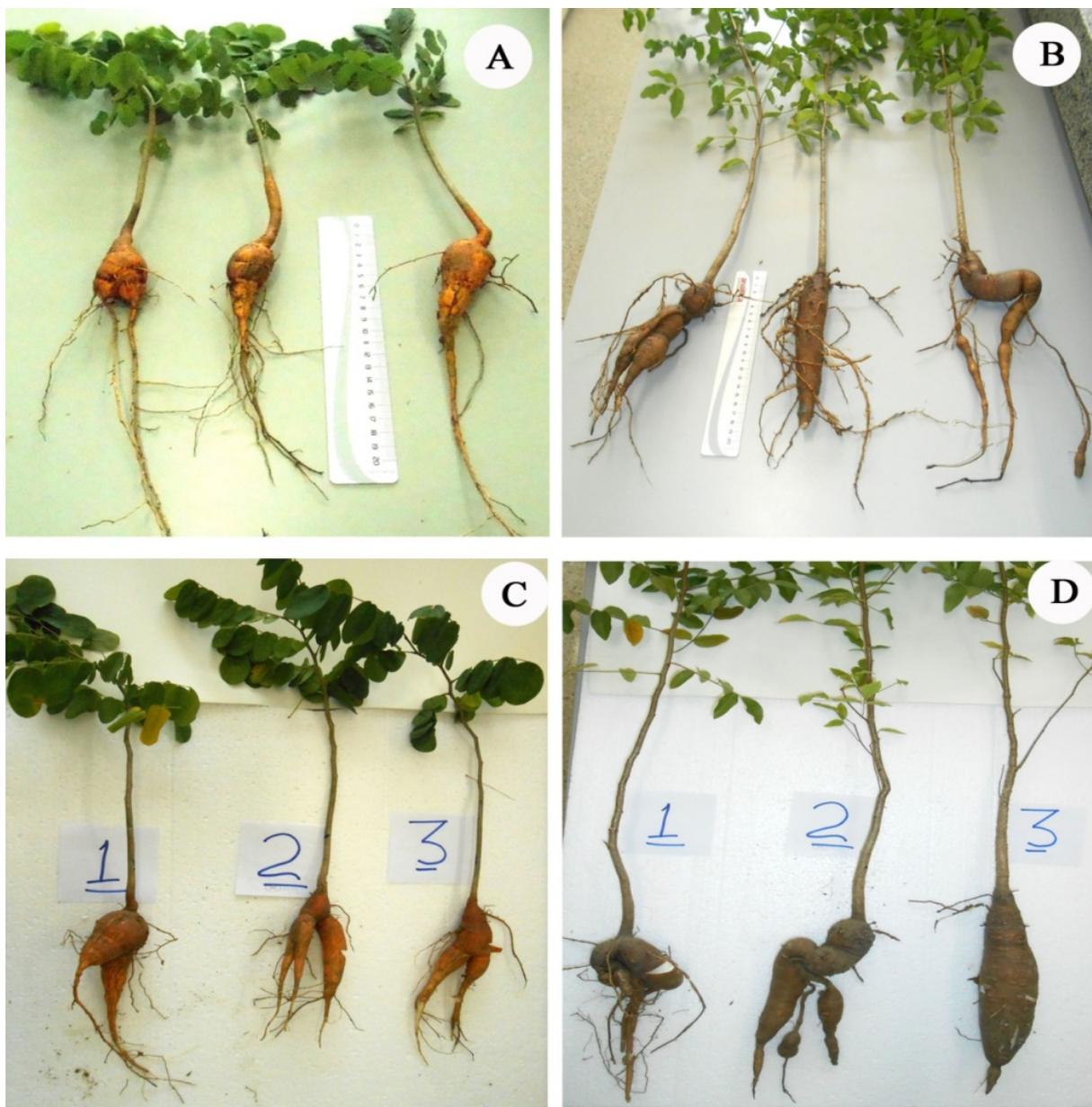


Figura 2. Aspecto morfológico das raízes tuberosas de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*. A- Plantas jovens de *A. cearensis* irrigadas (0 DSR). B- Plantas jovens de *S. tuberosa* irrigadas (0 DSR). C- Plantas jovens de *A. cearensis* estressadas (19 DSR). D- Plantas jovens de *S. tuberosa* estressadas (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

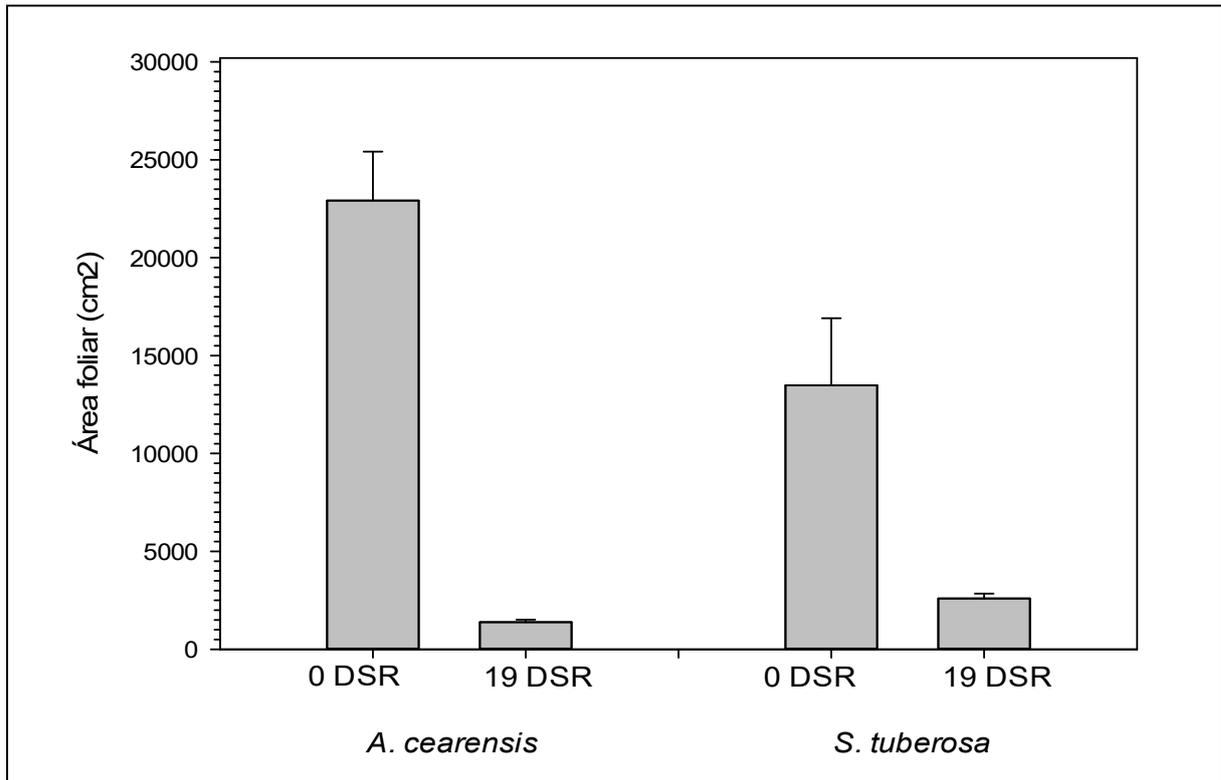


Figura 3- Área foliar de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, irrigadas (0 DSR) e estressadas hidricamente (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015. Barras indicam desvio padrão da média.

As Figuras 4 e 5 mostram os valores médios das trocas gasosas (taxa de assimilação líquida do CO₂ (A), condutância estomática (gs), transpiração (E), concentração interna de CO₂ (C_i)), assim como da temperatura da folha (Tl) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, respectivamente, submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega (DSR)).

Os valores apresentados no curso diário no processo fotossintético variaram conforme o tempo de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 DSR) e o período de avaliação (7:00; 9:00; 12:00; 14:00 e 17:00 horas), principalmente, nas horas mais quentes do dia, no intervalo de 9 a 14 horas, que corresponderam com o máximo de RFA e as maiores temperaturas foliares (Tl) (Figuras 4 e 5).

Os valores de A e E apresentados pelas espécies decresceram à medida que a deficiência hídrica progride, atingindo valores bem próximos de zero quando a restrição hídrica era mais severa (Figura 4 e 5). De uma maneira geral, as trocas gasosas da *A. cearensis* e *S. tuberosa* responderam às condições ambientais, principalmente, sendo influenciada pela temperatura e intensidade de radiação solar, representadas pela Tl e RFA.

Contudo, para as condições onde a disponibilidade de umidade do solo é limitante, aos 13 e 19 DSR, as plantas apresentaram melhor resposta nas horas de menor intensidade da Tl e RFA , ou seja, no início da manhã, às 7:00 horas, e no final da tarde, às 17:00 horas, onde mantiveram, ainda que valores baixos, a A e E .

Observa-se um balanço entre a assimilação de CO_2 e a transpiração, devido controle da abertura e fechamento estomático. Plantas com maiores disponibilidades de água possuem maiores taxas fotossintéticas e transpiratórias, mesmo nos períodos de mais quentes do dia. Contudo, com a diminuição da disponibilidade de água no solo os estômatos fecham, representado pela redução da gs fazendo com que haja um equilíbrio da absorção de água e a perda por transpiração (KRAMER & BOYER, 1995) (Figuras 4 e 5).

Nota-se que a atividade estomática é uma variável importante na realização do balanço entre o ganho líquido da fotossíntese e as perdas pela transpiração. Este mecanismo tem recebido muita atenção nas novas considerações para aumento da tolerância das culturas ao déficit hídrico (TARDIUE, 1996). Em ambas as espécies estudadas a fotossíntese máxima alcançada foi semelhante, variando de 15 a 20 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ para as horas mais ensolaradas e com boa disponibilidade de água.

Observa-se uma pequena diferença no comportamento das espécies quanto ao consumo de água na transpiração, onde o umbuzeiro (Figura 5) é mais sensível, e, portanto, reduz a gs e conseqüentemente a E antes da amburana (Figura 4), com a imposição do déficit hídrico. A amburana mantém a gs por mais tempo, na tentativa de manter o ganho líquido com a fotossíntese, ainda que acarrete em perda de água pela transpiração.

Um aspecto importante é o comportamento da concentração interna de CO_2 para as plantas sob, e sem pressão de déficit hídrico. De uma maneira geral a concentração de CO_2 interno, expressa nas Figuras 4 e 5 por C_i , representa uma limitação da assimilação do CO_2 pela limitação da atividade da RUBISCO (LONG & HALLGREN, 1993). Neste sentido, apenas no nível mais alto de pressão de déficit hídrico, quando a disponibilidade de água no solo foi bastante baixa (19 DSR), é que ocorreu aumento significativo do C_i . Isto sugere que a *A. cearensis* e a *S. tuberosa* têm grande resistência para a assimilação do CO_2 em relação a manutenção da atividade da RUBISCO. O aumento na concentração interna de dióxido de carbono (C_i), verificado em decorrência do déficit, não é uma resposta consensual, pois são relatados aumentos, diminuições e, até mesmo, manutenção de valores constantes, em diferentes plantas (KAISER, 1987; CALBO & MORAES, 1997; KRISHNA et al., 1991).

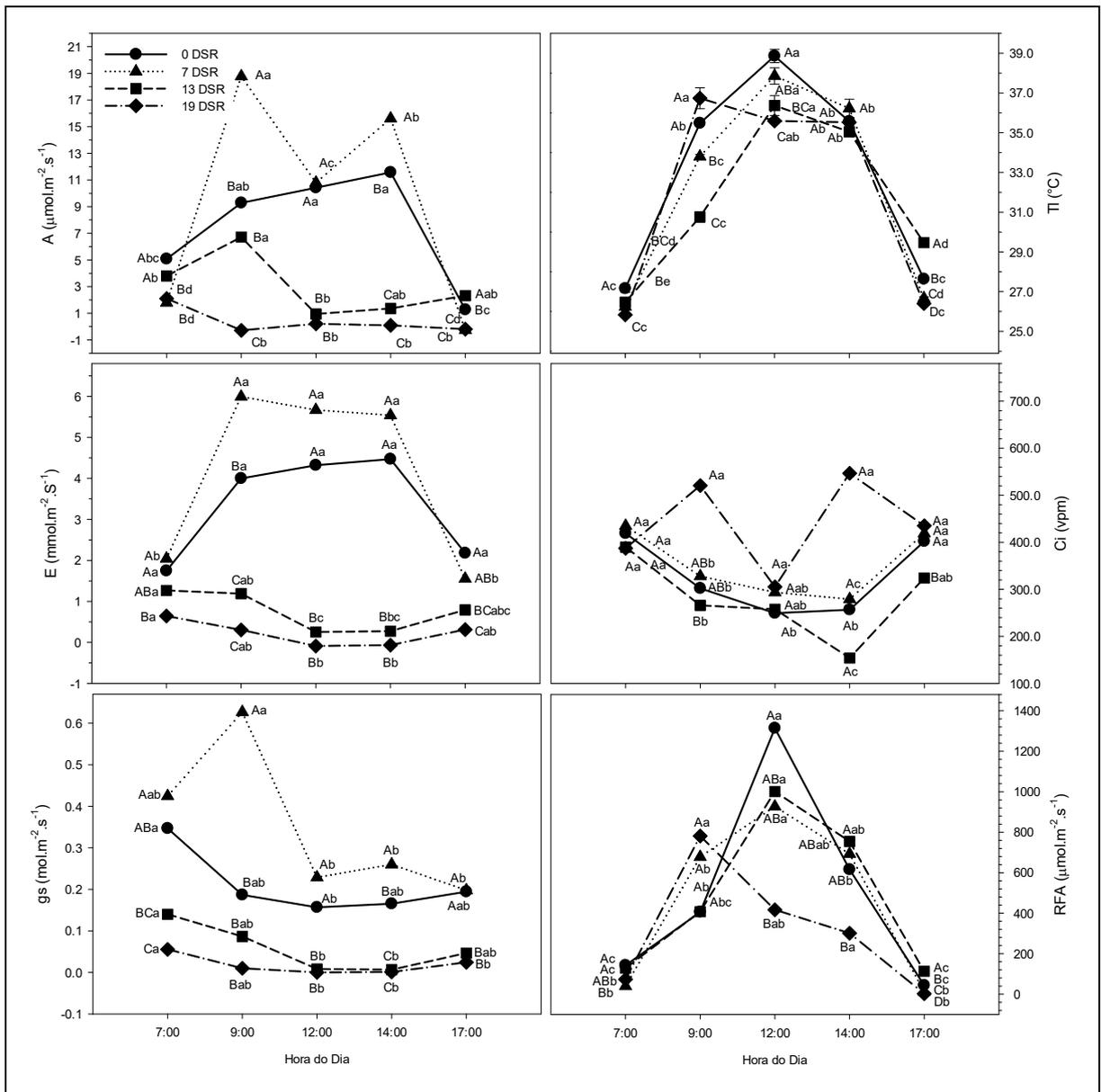


Figura 4- Taxas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura da folha (TI), Concentração interna de CO_2 (Ci) e radiação fotossintética ativa (RFA) em plantas jovens de *A. cearensis* submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega (DSR)). Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para o período de exposição ao déficit hídrico e minúsculas para as horas do dia, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

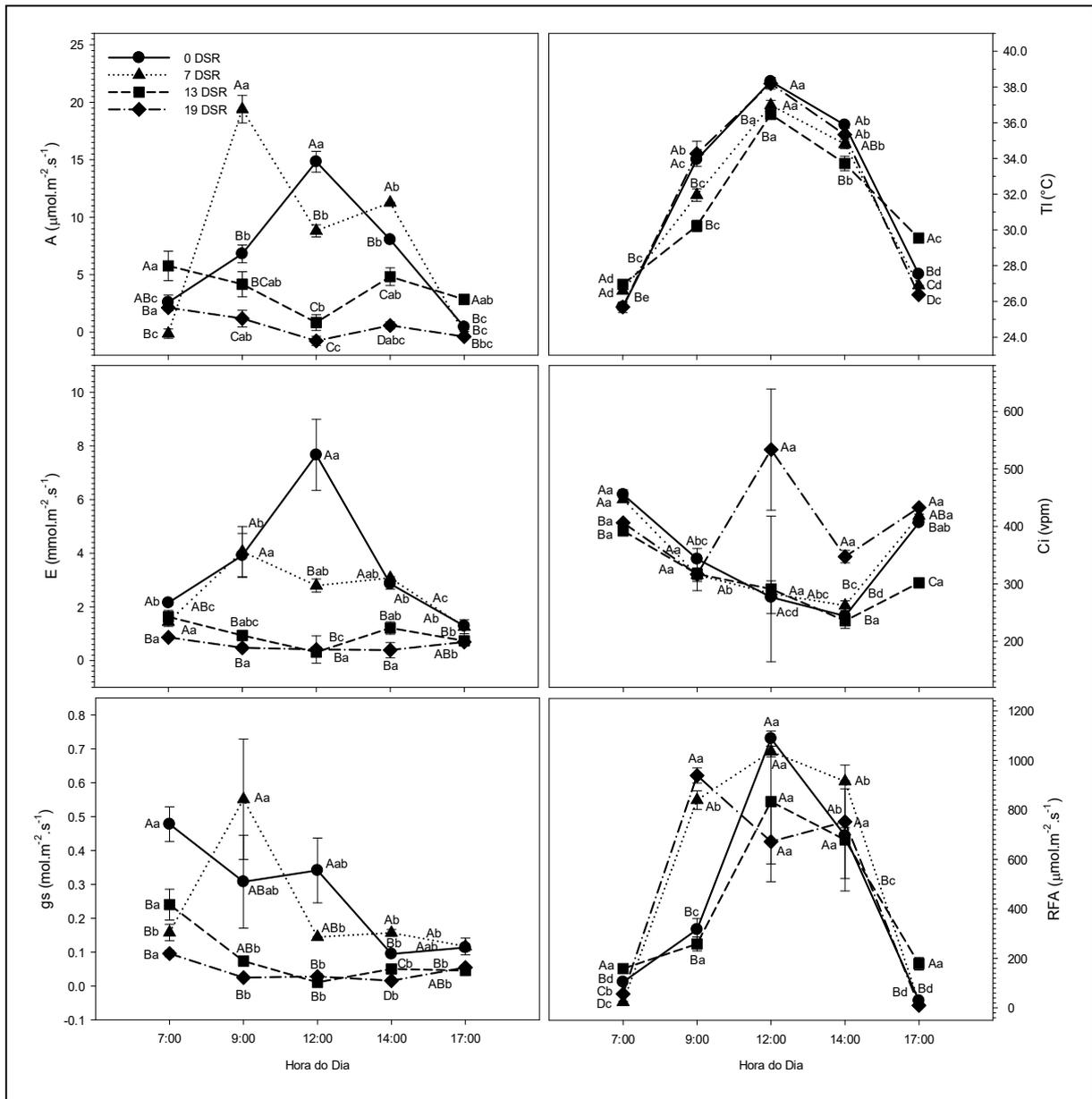


Figura 5- Taxas de fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (gs), temperatura da folha (TI), Concentração interna de CO₂ (Ci) e radiação fotossintética ativa (RFA) em plantas jovens de *S. tuberosa* submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega (DSR)). Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para o período de exposição ao déficit hídrico e minúsculas para as horas do dia, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

Para melhor entender a relação da fotossíntese com a situação de estresse enfrentada pela *A. cearensis* e *S. tuberosa*, foi realizado estudo sobre a eficiência quântica do fotossistema II, via técnica de fluorescência da clorofila (Figura 6 e 7, respectivamente). Este

estudo tem a capacidade de melhor explicar os efeitos de estresse abiótico sobre o metabolismo primário (ROHÁČEK et al., 2008).

O estudo revelou que sob condição normal, sem déficit hídrico, as espécies apresentam alta fluorescência mínima adaptada ao escuro (F_o), fluorescência máxima adaptada ao escuro (F_m), rendimento quântico potencial (F_v/F_m). Segundo Roháček et al., (2008), este comportamento reflete modificação estrutural dos radicais hidrofóbicos do tilacóide, promovido pelo déficit hídrico. Entretanto, sob a condição de déficit hídrico as espécies exibem baixa eficiência de transporte de elétrons e conseqüentemente baixo rendimento quântico efetivo (Y_{II}). Esses dados estão em concordância com os dados de assimilação de CO_2 (Figura 4 e 5), que mostraram que o déficit hídrico promoveu aumento do C_i em situação de déficit hídrico severo. Com a maior utilização de energia promovendo o rendimento fotoquímico, a dissipação de energia não utilizada pelas plantas submetidas ao déficit ocorreu sob a forma de calor, representada pela dissipação regulada ($Y(NPQ)$).

Na literatura pertinente ao assunto (HAVAUX & LANNOYE, 1983; SCHAPENDONK et al., 1989; OGREN, 1990; KAUSER et al., 2006; LIBERATO et al., 2006; SILVA JR et al., 2012), vários trabalhos têm demonstrado o potencial do estudo da fluorescência em detectar o efeito do déficit hídrico sobre o processo fotossintético. Assim como nos resultados encontrados para as espécies em estudo, em várias espécies o déficit hídrico promoveu a diminuição gradual das variáveis F_o , F_m e F_v/F_m , proporcionalmente a severidade do déficit hídrico.

Os autores Allakhverdiev et al., (2002), sugerem que o declínio no teor de clorofila 'a' pode ser uma consequência do estresse hídrico causando clorose ou senescência precoce das folhas. Neste sentido, as plantas jovens de ambas as espécies, sob alta pressão de déficit hídrico apresentaram senescência, com perda das folhas e redução da área foliar (Figura 3). Também Tambussi et al., (2000) menciona que pode acontecer a degradação dos lipídios dos cloroplastos na presença de radicais de oxigênio reativos.

Avaliando-se o teor de carboidratos e o teor relativo de água de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, submetidas ao déficit hídrico (19 DSR) (Figuras 8 e 9, respectivamente), foram observadas reduções no teor de açúcar solúvel total (AST), acréscimo nos teores de açúcares redutores (AR) e no teor relativo de água (TRA), quando comparadas com as plantas irrigadas (0 DSR).

Esse tipo de resposta demonstra que as plantas de *A. cearensis* e *S. tuberosa*, sob déficit hídrico, apresentam um mecanismo que favorece a hidrólise dos AST armazenados nas

folhas e nas raízes tuberosas ocasionando no acréscimo de compostos de baixo peso molecular, como os AR, que são prontamente utilizados pelas plantas para a manutenção celular e na continuidade do crescimento.

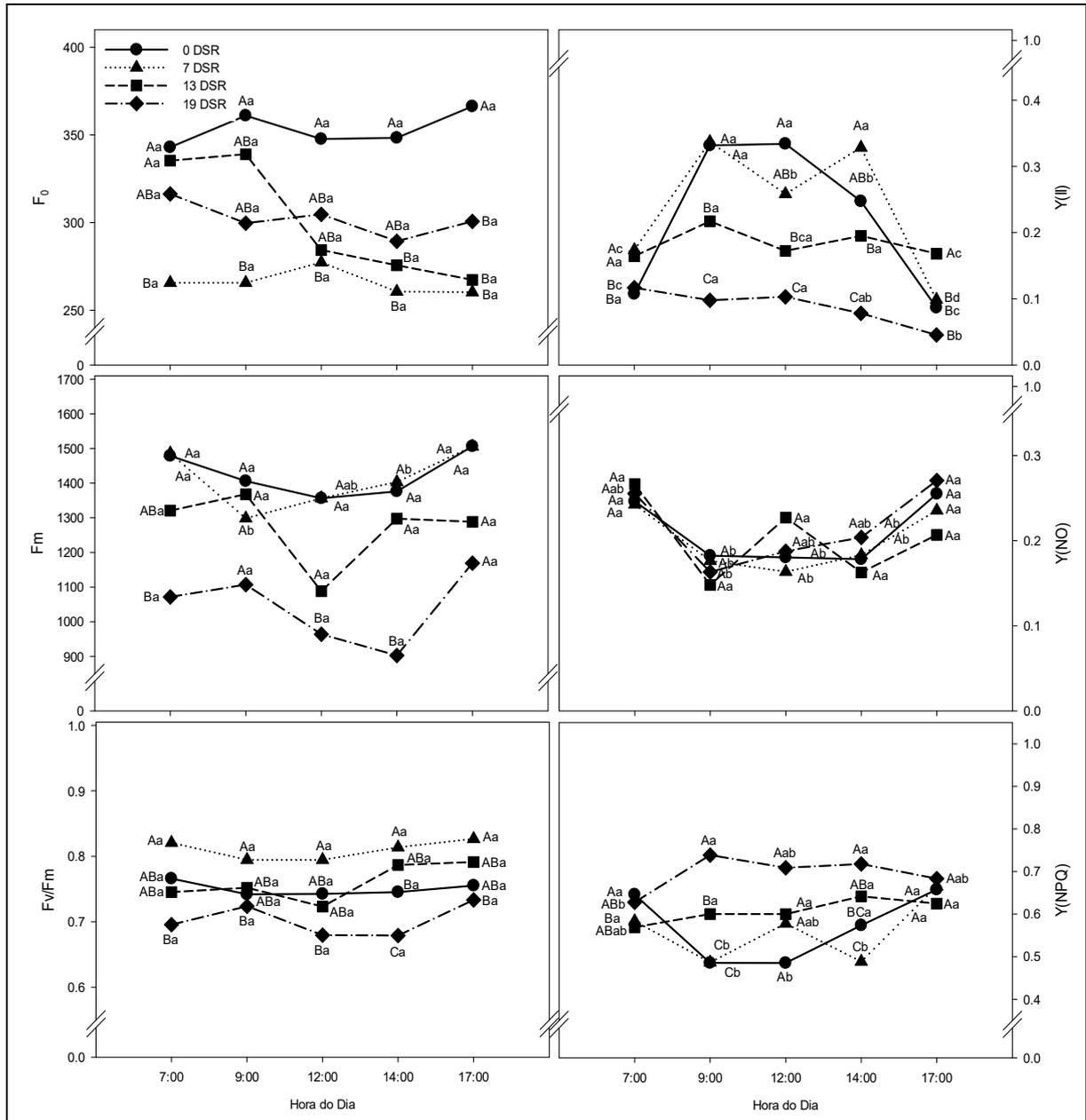


Figura 6- Fluorescência mínima adaptada ao escuro (F₀), fluorescência máxima adaptada ao escuro (F_m), rendimento quântico potencial (F_v/F_m), rendimento quântico efetivo (Y(II)), dissipação não regulada (Y(NO)) e dissipação regulada (Y(NPQ)) em plantas jovens de *A. cearensis* submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega(DSR)). Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para o período de exposição ao déficit hídrico e minúsculas para as horas do dia, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

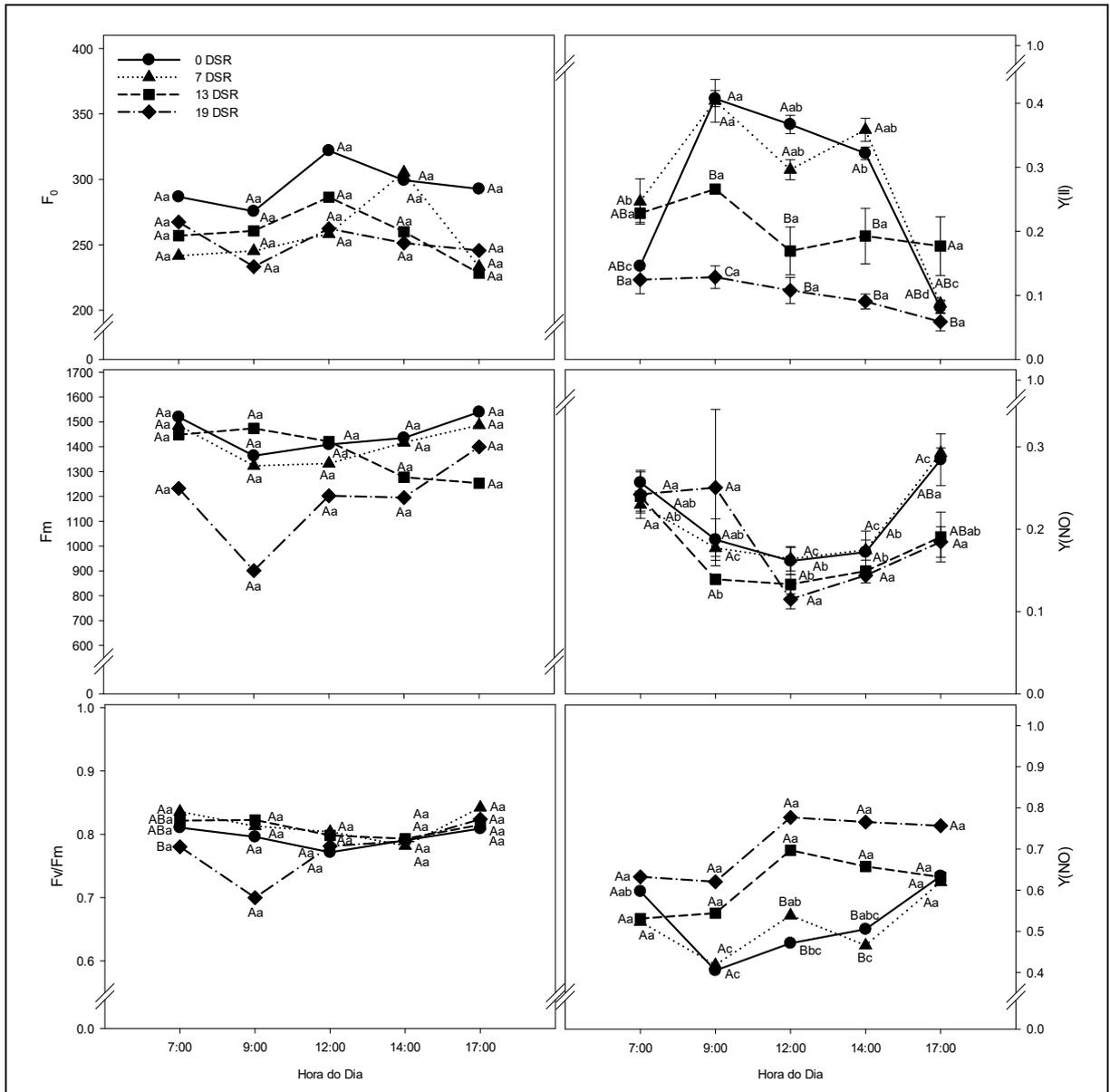


Figura 7- Fluorescência mínima adaptada ao escuro (F_o), fluorescência máxima adaptada ao escuro (F_m), rendimento quântico potencial (F_v/F_m), rendimento quântico efetivo ($Y(II)$), dissipação não regulada ($Y(No)$) e dissipação regulada ($Y(NPQ)$) em plantas jovens de *S. tuberosa* submetidas a diferentes períodos de exposição ao déficit hídrico (0; 7; 13 e 19 dias de suspensão da rega(DSR)). Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas para o período de exposição ao déficit hídrico e minúsculas para as horas do dia, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

O acréscimo nos valores do TRA se dá em consequência do aumento da concentração de AR nas células, e é um forte indicio de que plantas estressadas destas espécies podem realizar ajustamento osmótico. Em algumas plantas lenhosas, que apresentam fortes reduções em g_s e E quando expostas ao déficit hídrico, a ascensão de seiva via xilema pode ser favorecida pela síntese ou pelo acúmulo de solutos osmoticamente ativos no citosol celular

(NEPOMUCENO et al., 2001). O acúmulo desses compostos nas folhas diminui o potencial hídrico foliar, o que aumenta a capacidade de absorção de água das plantas e atenua os efeitos do déficit hídrico no teor relativo de água da planta (TRA) (PAGTER et al., 2005).

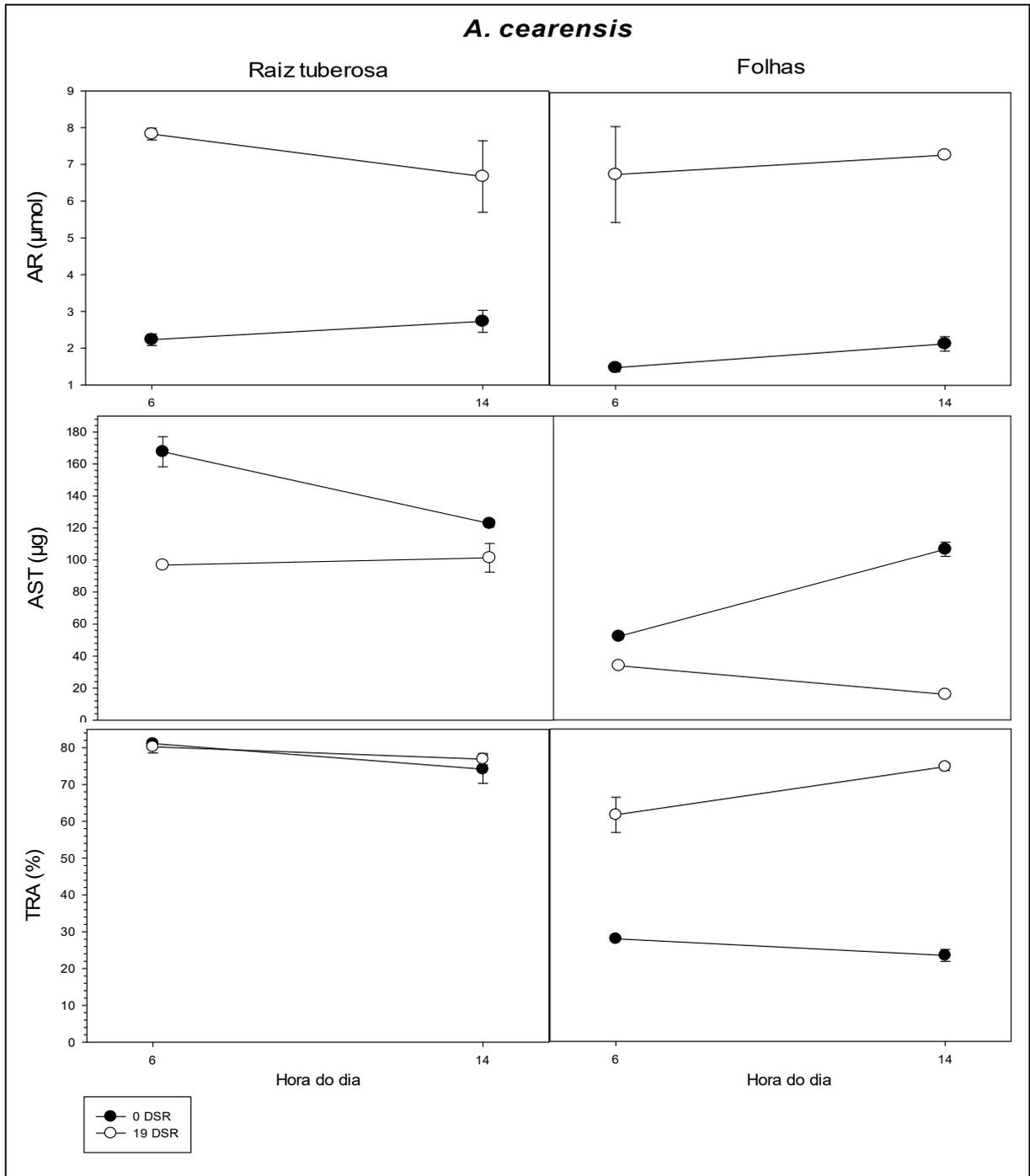


Figura 8- Concentrações de açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST) e teor relativo de água (TRA) nas folhas e raízes tuberosas de plantas jovens de *A. cearensis* irrigadas (0 DSR) e submetidas a 19 dias de exposição ao déficit hídrico (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

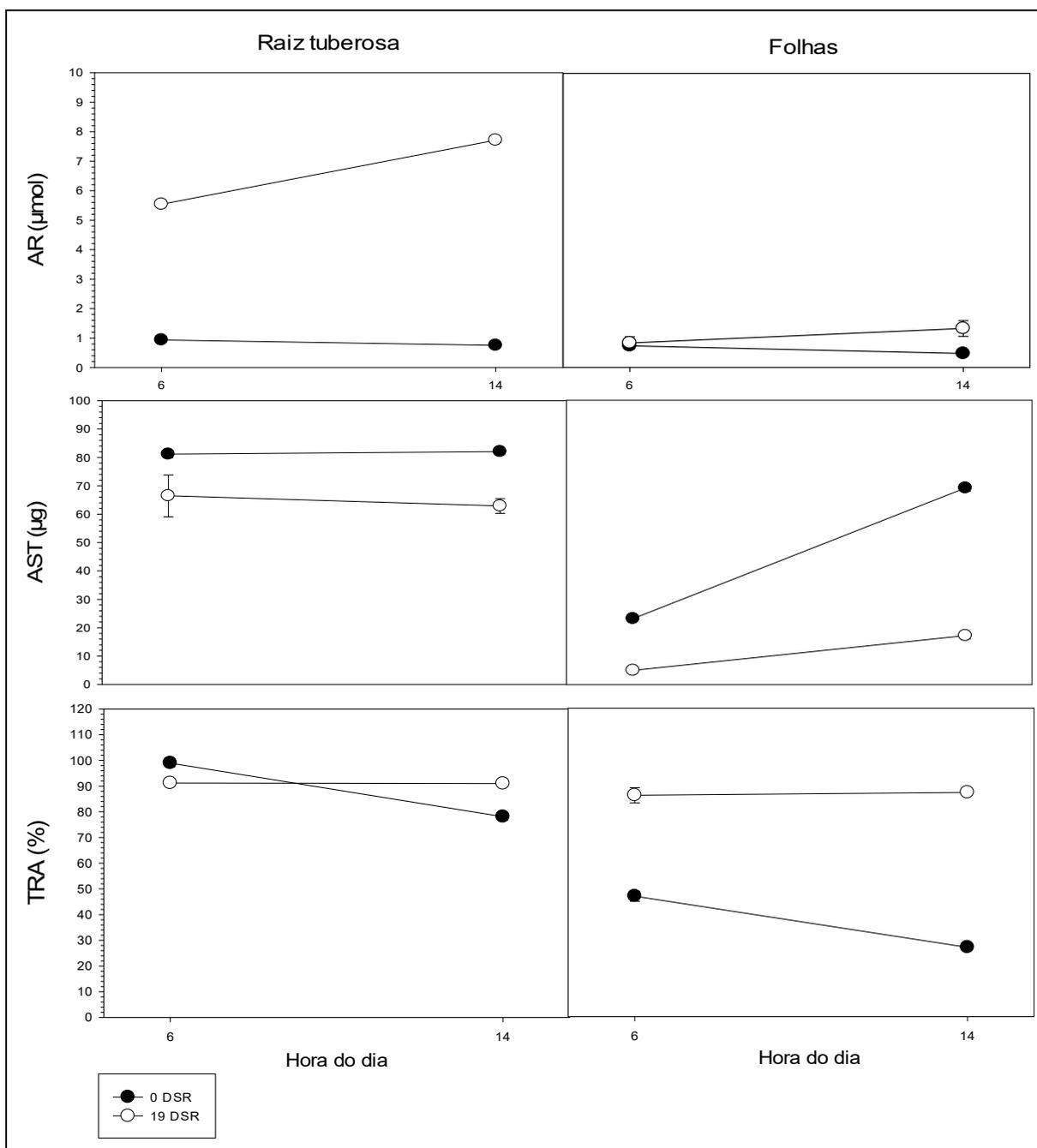


Figura 9- Concentrações de açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST) e teor relativo de água (TRA) nas folhas e raízes tuberosas de plantas jovens de *S. tuberosa* irrigadas (0 DSR) e submetidas a 19 dias de exposição ao déficit hídrico (19 DSR). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas (BA), 2015.

Nas plantas submetidas ao déficit hídrico (19 DSR), existe uma tendência em manter o TRA com menor oscilação entre os horários do dia estudados (6:00 e 14:00), ou seja, entre o horário mais ameno e mais quente do dia (Figuras 8 e 9). Principalmente na *S. tuberosa*, que apresenta ampla redução no TRA entre as 6hs da manhã e as 14hs da tarde, em plantas

irrigadas (0 DSR), porém em plantas submetidas ao déficit hídrico observa-se que com o mecanismo de osmoproteção ativado, as plantas mantêm o TRA (Figura 9).

CONCLUSÃO

As espécies apresentam adaptações ao déficit hídrico, como o mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, mecanismo de armazenamento de água e nutrientes em seu sistema radicular tuberoso e mecanismo de ajustamento osmótico.

A introdução de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa* pode ser recomendada para programas de restauração de áreas degradadas e manejo florestal.

REFERENCIAS

AIDAR, S. de T., et al. "Trocas gasosas foliares de imburana-de-cheiro (*Amburana cearensis*) em função da concentração de dióxido de carbono no ar. In: SIMPÓSIO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Resumos...** 2011, Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

ALBUQUERQUE, M. P. F. DE; MORAES, F. K. C.; SANTOS, R. I. N.; CASTRO, G. L. S. DE; RAMOS, E. M. L. S.; PINHEIRO, H. A. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a déficit hídrico e reidratação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.48, n.1, p.9-16, 2013.

ALLAKHVERDIEV, S. I.; SAKAMOTO, A.; NISHIYAMA, Y.; MURATA, N. Inactivation of Photosystems I and II in Response to Osmotic Stress in *Synechococcus*. Contribution of Water Channels. **Plant Physiology**, v. 122, p. 1201–1208, 2000.

ANDRADE, L.A.; COSTA, N.P.; SILVA, F.S.; PEREIRA, I.M. Caracterização de populações de umbuzeiro (*spondias tuberosa* Arr. Cam.) ocorrentes no Cariri paraibano. In.: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA. **Resumos...** 1999, Blumenau: UFPR/SBB, 1999. 267p.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Natal: Ed. Universitária UFRN, 1976. 540p.

CAIRO, P. A. R. **Curso Básico de Relações Hídricas de Plantas**. Vitória da Conquista: Universidade Estadual da Bahia, 1995. 32p.

CALBO, M.E.R.; MORAES, J.A.P.V. Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.9, n.2, p.117-123, 1997.

CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R. Estudo fitoquímico de espécimens cultivados de cumaru (*Amburana cearensis* A. C. SMITH). **Química Nova**, Fortaleza, v. 33, n. 3, p. 662-666, 2010.

CARLESSO, R. **Influence of soil water deficits on maize growth and leaf area adjustments**. East Lansing: Michigan State University. 1993.

CAVALCANTI, N.B.; RESENDE, G.M.; DRUMOND, M.A.; BRITO, L.T.L. Emergência e sobrevivência de plântulas de imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) na caatinga. **Revista Caatinga**, v. 19, n.4, p.391-396, 2006.

CHARTZOULAKIS, K. et al. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. **Scientia Horticulture**, v. 95, p. 39-50, 2002.

CHAVES, J. H. et al. Seleção precoce de clones de eucalipto para ambientes com disponibilidade diferenciada de água no solo: relações hídricas de plantas em tubetes. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.3, p. 333-341, 2004.

CHRISTMANN, A.; WEILER, E. W.; STEUDLE, E.; GRILL, E. A hydraulic signal in root-to-shoot signalling of water shortage. **The Plant Journal**, v. 52, p. 167–174, 2007.

CONFORTO, E. C. Respostas fisiológicas ao déficit hídrico em duas cultivares enxertadas de seringueira (“RRIM 600” e “GT 1”) crescidas em campo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p.679-684, mai-jun, 2008.

CRESPO, S. C.; MORENO-CHACÓN, A. L.; ROJAS, A.; MELGAREJO, L. M. Principal Component Analysis of Changes due to Water Stress for Some Osmolytes, Pigments and Antioxidant Enzymes in *Gmelina arborea* Robx. Leaves from Trees Planted in Northern Colombia. **J. Braz. Chem. Soc.**, v. 22, n. 12, pag. 2275-2280, 2011.

DAMATTA, F. M. et al. Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v. 164, p. 111-117, 2003.

DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in rying soil. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology*, Palo Alto, p.55-76, 1991.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA. **Anais...** 2000, São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; COSTA, E. M. T. da; SANTOS-MOURA, S. da S.; SILVA, R. dos S. da; CRUZ, F. R. da S. Avaliação do potencial fisiológico de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 859-866, 2013.

HAVAUX, M.; LANNOYE, R. Chlorophyll Fluorescence Induction: A Sensitive Indicator of Water Stress in Maize Plants. **Irrigation Science**, v. 4, p. 147-151, 1983.

HILTON-TAYLOR, C. (compiler) 2000. 2000 IUCN Red List of Threatned Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

KAISER, W. M. Effect of water deficit on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, v. 71, p. 142-149.

KAUSER, R.; ATHAR, H.; ASHRAF, M. chlorophyll fluorescence: a potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in canola (*brassica napus* l.). **Pak. J. Bot.**, v. 38(5), p. 1501-1509, 2006.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, New York, 1995. 495 p.

KRISHNA, T.M. et al. Effect of irrigation on physiological performance of immature plants of *Hevea brasiliensis* in North Konkan. **Indian Journal of Natural Rubber Research, Kottayam**, v.4, n.1, p.36-45, 1991.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: RIMA, 2000. 531p.
Liberato, M. A. R.; Gonçalves, J. F. de C.; Chevreuil, L. R.; Nina Junior, A. da R.; Fernandes, A. V.; Santos Junior, U. M. dos. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Braz. J. Plant Physiol.**, v. 18(2), p. 315-323, 2006.

LIMA FILHO, J. M. P. **Ecofisiologia do umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Cam.)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

LIMA FILHO, J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 206-208, Agosto 2004.

LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gas exchange of umbu plants (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stem cuttings. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 29, n. 2, p. 355-358, Agosto 2007.

LONG S.P. & HÄLLGREN J.E. (1993) Measurement of CO₂ assimilation by plants in the field and the laboratory. In *Photosynthesis and Production in a Changing Environment* (eds D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bolhar-Nordenkamp, R.C. Leegood & S.P. Long), pp. 129–167. Chapman & Hall, London, UK.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Piracicaba: Plantarum. 1992. 368 p.

LOUREIRO, M. B.; TELES, C. A. S.; VIRGENS, I. O.; ARAÚJO, B. R. N. DE, FERNANDEZ, L. G.; CASTRO, R. D. DE. Aspectos morfoanatômicos e fisiológicos de sementes e plântulas de *Amburana cearensis* (FR. ALL.) A.C. Smith (Leguminosae papilionoideae). **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.4, p.679-689, 2013.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. São Paulo: D&Z Computação Gráfica e Editora. 2004.

MARTINS, M.O.; NOGUEIRA, R.J.M.C.; NETO, A.D.A.; SANTOS, M.G. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. – MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 771-779, 2010.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p.426-428, 1959.

NARAIN, N.; BORA, P.S; HOLSCHUH, H.J; VASCONCELOS, M.A.A. da S. Variation in physical and chemical composition during maturation of *Spondias tuberosa* fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 44, p.255-259, 1992.

NASCIMENTO, C.E. de S.; OLIVEIRA, V.R. de; NUNES, R.F. de; ALBUQUERQUE, T.C.S. de. Propagação vegetativa do umbuzeiro. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1, CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO,7, 1993, **Anais...** Curitiba: SBS/SBEF, 1993. v.2, p.454-456.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.23, p.12-18, 2001.

OGREN, E. Evaluation of Chlorophyll Fluorescence as a Probe for Drought Stress in Willow Leaves. **Plant Physiology**, v. 93, p. 1280-1285, 1990.

OLIVEIRA, C.S.; SATO, A.; ESQUIBEL, M.A.; QUEIROZ, M.A.; OLIVEIRA, V.R. Propagação de *Spondias tuberosa* Arr. (umbú) através de cultura de tecidos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.1, n.7, p.69-72, 1989.

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M. L.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S. Water deficits are more important in delaying growth than in changing patterns of carbon allocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**, Victoria, v.18, n. 6, p. 363-373, 1998.

PAGTER, M.; BRAGATO, G.; BRIX, H. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. **Aquatic Botany**, v.81, p.285-299, 2005.

RAHBARIAN, R.; KHAVARI-NEJAD, R.; GANJEALI, A.; BAGHERI, A.; NAJAF, F. Drought stress effects on photosynthesis, chlorophyll fluorescence and water relations in tolerant and susceptible chickpea (*cicer arietinum* l.) genotypes. **Acta biologica cracoviensia Series Botanica**, v. 53, p. 47–56, 2011.

ROHACEK K, SOUKUPOVA J, BARTAK M: **Chlorophyll fluorescence: a wonderful tool to study plant physiology and plant stress**. In *Plant Cell Compartments--Selected Topics*. Edited by Schoefs B. Kerala: Research Signpost; 2008:41-104.

SANTOS, C.A.F. Dispersão da variabilidade fenotípica do umbuzeiro no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9, p.923-930, 1997.

SCHAPENDONK, A. H. C. M.; SPITTERS, C. J. T.; GROOT, P. J. Effects of water stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence of five potato cultivars. **Potato Research**, v. 32, p. 17-32, 1989.

SILVA JR, E. A.; GOUVEIA-NETO, A. S.; OLIVEIRA, R. A.; MOURA, D. S.; CUNHA, P. C.; COSTA, E. B.; CÂMARA, T. J. R.; WILLADINO, L. G. Water Deficit and Salt Stress Diagnosis Through LED Induced Chlorophyll Fluorescence Analysis in *Jatropha curcas* L. **J Fluoresc**, v. 22, p. 623–630, 2012.

SILVA, E. C. et al. Comportamento estomático e potencial da água da folha em três espécies lenhosas cultivadas sob estresse hídrico. **Acta Botânica Brasilica**, v.17, n.2, p.231-246, 2003.

SILVA, G. L. DA; MEDEIROS FILHO, S.; ZANDAVALLI, R. B.; PEREIRA, D. DE S.; SOUSA, G. G. DE. Biometria e emergência de amburana cearensis (almeirão) a.c. smith em função da coloração do fruto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 635-642, 2013.

SUDACHKOVA, N.E.; MILYUTINA, I.L.; SEMENOVA, G.P. Influence of water deficit on contents of carbohydrates and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb. tissues. **Eurasian Journal of Forest Research**, v.4, p.1-11, 2002.

TAMBUSSIA, E. A.; BARTOLIA, C. G.; BELTRANOA, J.; GUIAMETA, J. J.; ARAUSB, J. L. Oxidative damage to thylakoid proteins in water-stressed leaves of wheat (*Triticum aestivum*). **Physiologia plantarum**, v. 108, p. 398–404, 2000.

TARDIEU, F. Drought perception by plants Do cells of droughted plants experience water stress? **Plant Growth Regulation**, v. 20, p. 93-104, 1996.

TURNER, N. C. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. **Plant and Soil**. v. 58, p. 339-366, 1981.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. I. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal, London**, v. 57, p. 508-514, 1954.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa trazem novos conhecimentos sobre as espécies *A. cearensis* e *S. tuberosa*, e demonstram que estas apresentam características que lhes dão a capacidade de tolerar o déficit hídrico, predominante na maior parte do ano no semiárido. Logo, a introdução de plantas jovens de amburana e umbuzeiro pode ser recomendada para programas de restauração de áreas degradadas e manejo florestal.

Com o intuito de compreender a atuação do sistema radicular das espécies na manutenção do crescimento inicial e partição de fotoassimilados das mudas, e determinar a sua contribuição para a sobrevivência das espécies em situações de restrição hídrica, o estudo apontou semelhanças e diferenças entre as espécies, mas principalmente, revelou características responsáveis pela sobrevivência destas em uma região com condições climáticas tão particulares como o semiárido (altas temperaturas e insolação, pluviosidade baixa e mal distribuída, com períodos longos de escassez de água), com uma vegetação de grande relevância, chamada caatinga. Além de esclarecer a natureza estrutural do sistema radicular das espécies, desmistificando conceitos anteriores, estabelecidos em observações da morfologia apenas, levando a novos questionamentos.

ANEXOS

Anexo A- Valores F da análise de variância para altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC), comprimento da folha (CF), largura da folha (LF), comprimento da raiz tuberosa (CRT), diâmetro da raiz tuberosa (DRT), número de folhas (NF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR) taxa assimilatória líquida (TAL), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso foliar (RPF) e peso específico da folha (PEF) de plantas jovens de *A. cearensis* e *S. tuberosa*. Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana (BA), 2015.

<i>A. cearensis</i>																
FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS											GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		AP	DC	CF	LF	CRT	DRT	NF	PEF	AFE	RAF	RPF		TCA	TCR	TAL
Bloco	3	4688.75 ^{ns}	0.29 ^{ns}	11.14 ^{ns}	1.92 ^{ns}	93.38 ^{ns}	8.00 ^{ns}	128.41 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	2	101.53 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Idade	3	30252.75 ^{**}	11.48 ^{**}	158.90 ^{**}	67.22 ^{**}	7149.85 ^{**}	230.44 ^{**}	8648.25 ^{**}	2.06 ^{**}	0.00 ^{**}	0.00 ^{ns}	0.00 [*]	3	27809.63 ^{**}	1.74 ^{**}	0.01 ^{**}
Erro	9	1799.69	0.15	4.63	1.35	108.72	2.86	48.63	0.05	0.00	0.00	0.00	6	715.39	0.00	0.00
CV%		14.88	7.76	6.54	5.99	7.66	7.74	7.72	6.64	6.22	20.10	17.32		12.35	0.87	11.60

<i>S. tuberosa</i>																
FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS											GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		AP	DC	CF	LF	CRT	DRT	NF	PEF	AFE	RAF	RPF		TCA	TCR	TAL
Bloco	3	6795.72 ^{ns}	1.62 ^{ns}	3.94 ^{ns}	0.06 ^{ns}	31.79 ^{ns}	7.19 ^{ns}	228.16 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}	2	875.25 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{ns}
Idade	3	408133.72 ^{**}	35.10 ^{**}	140.79 ^{**}	47.31 ^{**}	116563.41 ^{**}	331.67 ^{**}	59179.50 ^{**}	0.57 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.00 ^{**}	0.03 ^{**}	3	44722.23 ^{**}	2.19 ^{**}	0.11 ^{**}
Erro	9	1967.78	0.61	4.90	0.46	737.95	3.63	159.66	0.27	0.00	0.00	0.00	6	3753.51	0.00	0.00
CV%		7.92	9.33	5.47	3.24	8.70	6.53	8.51	12.46	13.20	9.62	10.09		30.19	0.96	16.23

** e * significativo em 1 e 5% de probabilidade pelo teste de F respectivamente. ^{ns} não significativo.

Anexo B- Obtenção do extrato aquoso

1- Material

- Balança analítica
- Almofariz e pistilo
- Água destilada
- Centrífuga refrigerada

2- Procedimento

Pesar em balança analítica 1 g de material fresco, macerar e transferir para tubo de centrífuga com 5 ml de água. Centrifugar a 4°C e 10.000 RPM por 20 minutos. Recolher o sobrenadante, medindo o volume obtido. Filtrar em papel de filtro e recolher o filtrado para análises subsequentes.

Anexo C- Método do ácido dinitrosalicílico (DNS) – Miller (1959)

Utilizado para a quantificação de açúcares redutores (AR)

1) Reagentes

- Ácido dinitrosalicílico (DNS);
- NaOH 2N;
- Tartarato duplo de Sódio e Potássio (Sal de Rochelle);
- Glicose ou uma mistura de frutose e glicose (10mM).

2) Metodologia

- Preparação do reagente DNS

Adicionar 50 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 2N a 2,5 g de DNS e aproximadamente 125 mL de água destilada e agitar até à dissolução. Posteriormente, adicionar 75g do sal de Rochelle e completar o volume da solução para 250 mL. Este reagente é instável na presença de luz e CO₂.

- Obtenção da curva padrão

Conforme Tabela 1, após adicionar o reagente de DNS, agitar a mistura e levar os tubos ao banho-maria a 100 °C durante 5 minutos. Deixar esfriar a temperatura ambiente e completar o volume para 5 mL com água destilada. Fazer a leitura em $\lambda = 540\text{nm}$ no espectrofotômetro U.V.

Tabela 1. Procedimento para obtenção da curva padrão de açúcares redutores.

Tubos	Glicose (10 mM) (mL)	Água (mL)	DNS (mL)	$\mu\text{mol de AR}$
1	0,0	0,75	0,5	0,0
2	0,1	0,65	0,5	1,0
3	0,2	0,55	0,5	2,0
4	0,3	0,45	0,5	3,0
5	0,4	0,35	0,5	4,0

* Volume reacional = 5 mL.

Anexo D- Método da antrona - Yemm & Willis (1954)

Utilizado para quantificação de açúcares solúveis totais (AST)

1) Reagentes

- Reagente Antrona;
- H₂SO₄ concentrado;
- Glicose 60 µg /mL ou 0,333 mM.

2) Metodologia

- Preparação do reagente antrona:

Adicionar 40 mg de antrona a 1 mL de água destilada e após, 20mL de H₂SO₄ concentrado. (Este reagente deve ser preparado na hora do uso e sob resfriamento).

- Obtenção da curva padrão

Conforme Tabela 2, adicionar primeiramente a solução de glicose e depois o reagente Antrona. Este sistema deve ser mantido em gelo. Agitar os tubos e levá-los ao banho-maria à 100°C por 3 minutos. Resfriar a temperatura ambiente ou no gelo e fazer a leitura em $\lambda = 620\text{nm}$ em espectrofotômetro U.V.

Tabela 2. Procedimento para obtenção da curva padrão de açúcares solúveis totais.

Tubos	Glicose (60 µg / mL) (mL)	Água (mL)	Antrona (mL)	µg de AST
1	0,0	1,0	2,0	0
2	0,1	0,9	2,0	6
3	0,2	0,8	2,0	12
4	0,4	0,6	2,0	24
5	0,6	0,4	2,0	36
6	0,8	0,2	2,0	48
7	1,0	0,0	2,0	60

* Volume reacional = 3 mL.