



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

**VARIAÇÃO SAZONAL DE PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS EM
MATRIZES DE UMBUZEIRO**

**AREIA
2023**

RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

**VARIAÇÃO SAZONAL DE PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS EM
MATRIZES DE UMBUZEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Agronomia da Universidade Federal da
Paraíba, como requisito parcial à obtenção do
título de Doutor em Agronomia

Orientador: Prof. Dr. Manoel Bandeira
de Albuquerque

Coorientador: Dr. José Nailson Barros Santos

**AREIA
2023**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838v Costa, Raimundo Nonato Moraes.

Variação sazonal de parâmetros ecofisiológicos em
matrizes de umbuzeiro / Raimundo Nonato Moraes Costa. -
Areia:UFPB/CCA, 2023.
63 f. : il.

Orientação: Manoel Bandeira de Albuquerque.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Spondias tuberosa Arruda. 3.
Caatinga. 4. Xilopódio. 5. Açúcares redutores. I.
Albuquerque, Manoel Bandeira de. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(043.2)

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

VARIAÇÃO SAZONAL DE PARÂMETROS ECOFISIOLÓGICOS EM MATRIZES DE UMBUZEIRO

AUTOR: RAIMUNDO NONATO MORAES COSTA

Aprovado em: 31/03/2023

Aprovação como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR em AGRONOMIA (Agricultura tropical), pela banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
MANOEL BANDEIRA DE ALBUQUERQUE
Data: 14/08/2023 15:39:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque – DFCA/CCA/UFPB
Orientador

 Documento assinado digitalmente
WALTER ESFRAIN PEREIRA
Data: 15/08/2023 15:47:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Walter Esfrain Pereira
Examinador

 Documento assinado digitalmente
MARIO LUIZ FARIAS CAVALCANTI
Data: 17/08/2023 08:15:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Mário Luiz Farias Cavalcanti
Examinador

 Documento assinado digitalmente
THIAGO JARDELINO DIAS
Data: 15/08/2023 08:04:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Thiago Jardelino Dias
Examinador

 Documento assinado digitalmente
JOAO EVERTHON DA SILVA RIBEIRO
Data: 14/08/2023 14:15:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Everthon da Silva Ribeiro
Examinador

Presidente da Comissão Examinador
Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque

A minha esposa, Meire;
Filhas, Thaís e Talita

DEDICO

AGRADECIMENTOS

O ato de ser grato é uma das armas mais poderosas disponíveis para o cristão. Grato especialmente por todos que aparecem em nossas vidas e desempenham funções importantes em nossa jornada. Neste momento desejo exprimir os meus agradecimentos a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se concretizasse.

Em primeiro lugar a DEUS, criador e sustentador de todas as coisas, sem o qual eu jamais chegaria onde cheguei.

À Universidade Federal da Paraíba que, através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, me acolheu e concedeu a oportunidade de aprendizagem elevando o meu nível de conhecimento, o qual é salutar na aplicação no meu trabalho.

Ao Instituto Federal do Maranhão Campus Codó que, na pessoa do diretor Wady Lima Castro, que me liberou para realizar esta capacitação profissional tão importante.

À cidade de Areia, essa maravilha que me acolheu e me apaixonei desde o primeiro dia em que a conheci, bem como às pessoas que nela habitam.

Ao meu orientador, professor/educador Dr. Manoel Bandeira, na disponibilidade de fornecer equipamento (IRGA) e orientar transmitindo conhecimento, humildade, amizade; sinto saudade da sua convivência.

Ao meu coorientador, Dr. José Nailson pela ajuda primordial na condução deste trabalho.

A todos os professores que tive a oportunidade de conviver, absorvendo conhecimento que transmitiram nas mais variadas disciplinas oferecidas pelo Programa, especialmente os professores Walter Esfrain, Thiago Jardelino e Rejane pela concessão de equipamentos usados neste trabalho de pesquisa.

Ao senhor Luciano Veras, proprietário da Fazenda Lagoa de Pedra em Cubati, quem disponibilizou toda a sua estrutura, tornando possível a realização desta pesquisa.

Aos colegas que caminhamos juntos nessa jornada de muitas lutas e dificuldades, Ana Jéssica, Valéria Fernandes, Jackson Nóbrega, Antônio Veimar, Adjair, Charlys, Paloma, especialmente João Everthon e Jardel que me ensinaram a manusear os IRGA's, por todas as experiências vividas. Forte abraço!

À minha esposa, Meire Lúcia, sempre junto de mim, sendo a maior parceira no campo da pesquisa me incentivando e me ajudando na coleta de dados. Te amo de montão!

Finalmente, a todos que de forma direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, o meu MUITÍSSIMO OBRIGADO!

“Em tudo dai graças, porque esta é a vontade de Deus em Cristo Jesus para convosco.” (I Tessalonicenses 5:18).

RESUMO

As florestas tropicais sazonalmente secas, sofrem déficit hídrico ao longo do ano e a maioria das espécies existentes ali é caducifólia sendo adaptada às intempéries recorrentes provocadas pela sazonalidade. *Spondias tuberosa* Arruda, o umbuzeiro, é uma espécie adaptada ao semiárido brasileiro, frutífera, perene e endêmica com grande capacidade de suportar condições de baixa disponibilidade hídrica. O objetivo deste trabalho foi avaliar as mudanças fisiológicas em função da sazonalidade em plantas adultas de umbuzeiro, buscando entender como reagem os mecanismos de sobrevivência de trocas gasosas, aparato fotossintético, dinâmica foliar de carboidratos, ante as mudanças sazonais. O estudo foi realizado na Fazenda Lagoa de Pedra, localizada no município de Cubati, Paraíba, Brasil, em um pomar natural de umbuzeiros. Foram coletados dados na área de estudos nos meses de abril, maio e dezembro de 2020 e janeiro e abril de 2021, relacionados a precipitação, temperatura, índice de área foliar, umidade do solo em vinte indivíduos, cujas análises de dados mostraram efeitos sobre fluorescência, trocas gasosas, índices foliares de clorofila, relações hídricas e teores foliares de carboidratos. As trocas gasosas guardaram estreita relação com a disponibilidade hídrica apresentando variações sazonais na condutância estomática (g_s), taxa fotossintética foliar (A), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (E_iUA) e eficiência instantânea de carboxilação (E_iC). A correlação entre a eficiência instantânea do uso da água ($EUA - A/E$) e concentração intercelular de CO_2 (C_i) não apresentaram diferenças significativas da estação seca para a chuvosa. Evento semelhante aconteceu em relação as variáveis da fluorescência da clorofila máxima (F_m), fluorescência variável/fluorescência máxima (F_v/F_m) e fluorescência variável/fluorescência inicial (F_v/F_0), ou seja, não houve diferença significativa. Os teores de clorofila (a) e (b) diminuíram significativamente na estação seca em comparação à chuvosa, indicando dificuldade da planta em manter integridade do seu maquinário fotossintético ante a restrição hídrica. As concentrações de carboidratos na folha sob a forma de glicose, não apresentaram diferenças significativas nos períodos avaliados. Já em relação a amido e sacarose, houve aumento significativo na estação seca. No período de avaliação, houve diminuição de umidade do solo na estação seca acompanhada pelo teor de umidade relativa da folha, mantendo-se com alteração não significativa a temperatura da folha e déficit de pressão de vapor da folha. Já a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos apresentou diminuição significativa na estação chuvosa. As plantas de umbuzeiro possuem mecanismos adaptativos a condições estressantes de déficit hídrico impostas pela sazonalidade, considerando-se as pequenas variações no teor de glicose da estação seca para a chuvosa, e na acumulação nos teores de amido e sacarose na estação seca para posterior mobilização. Com baixas taxas de condutância estomática, o umbuzeiro revela boa eficiência intrínseca no uso da água. A clorofila b quando submetida ao estresse hídrico é mais afetada que a clorofila a em plantas de umbuzeiro.

Palavras-Chave: *Spondias tuberosa* Arruda; caatinga; xilopódio; índice de estrutura do dossel; açúcares redutores.

ABSTRACT

The seasonally dry tropical forests suffer water deficit throughout the year and most of the existing species there are deciduous, being adapted to the recurrent bad weather caused by seasonality. *Spondias tuberosa* Arruda, the umbuzeiro, is a species adapted to the Brazilian semi-arid region, fruitful, perennial and endemic with great capacity to withstand conditions of low water availability. The objective of this work was to evaluate the physiological changes as a function of seasonality in adult plants of umbuzeiro, seeking to understand how the survival mechanisms of gas exchange, photosynthetic apparatus, leaf dynamics of carbohydrates react to seasonal changes. The study was carried out at Lagoa de Pedra Farm, located in the municipality of Cubati, Paraíba, Brazil, in a natural orchard of umbu trees. Data were collected in the study area in the months of April, May and December 2020 and January and April 2021, related to precipitation, temperature, leaf area index, soil moisture in twenty individuals, whose data analysis showed effects on fluorescence, gas exchange, leaf chlorophyll indices, water relations and leaf carbohydrate contents. Gas exchange was closely related to water availability, showing seasonal variations in stomatal conductance (GS), leaf photosynthetic rate (A), transpiration (E), intrinsic water use efficiency (EiUA) and instantaneous carboxylation efficiency (EiC). The correlation between instantaneous water use efficiency (EUA – W/E) and intercellular CO₂ concentration (Ci) did not show significant differences from the dry to the rainy season. A similar event occurred in relation to the variables of maximum chlorophyll fluorescence (Fm), variable fluorescence/maximum fluorescence (Fv/Fm) and variable fluorescence/initial fluorescence (Fv/F0), that is, there was no significant difference. Chlorophyll levels (a) and (b) decreased significantly in the dry season compared to the rainy season, indicating the plant's difficulty in maintaining the integrity of its photosynthetic machinery in the face of water restriction. The concentrations of carbohydrates in the leaf, in the form of glucose, did not present significant differences in the evaluated periods. In relation to starch and sucrose, there was a significant increase in the dry season. During the evaluation period, there was a decrease in soil moisture in the dry season, accompanied by the relative moisture levels of the leaf, with no significant change in leaf temperature and deficit in leaf vapor pressure. The flux density of photosynthetic photons showed a significant decrease in the rainy season. Umbu plants have adaptive mechanisms to stressful conditions of hydric deficit imposed by seasonality, considering the small variations in the glucose content from the dry to the rainy season, and in the accumulation of starch and sucrose contents in the dry season for later mobilization. With low rates of stomatal conductance, the umbu tree reveals good intrinsic efficiency in water use. The chlorophyll b when subjected to hydric stress is more affected than chlorophyll a in umbu plants.

Keywords: *Spondias tuberosa* Arruda; caatinga; xylopodium; canopy structure index; reducing sugars.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Precipitação e temperatura média do ar em Cubati, Paraíba, Brasil, no período em que foi realizada a pesquisa (2020-2021).....	21
Figura 2 – Trocas gasosas de umbuzeiros em diferentes estações (seca e chuvosa), na Fazenda Lagoa de Pedra, município de Cubati-PB. A. Fotossíntese; B. condutância estomática; C. transpiração; D. concentração interna de CO ₂ ; E. eficiência instantânea do uso da água; F. eficiência intrínseca do uso da água; e G. eficiência instantânea de carboxilação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t-Student (pareado) a 5% de probabilidade.....	28
Figura 3 – Análise de Componentes Principais PC1.....	43
Figura 4 – Análise de Componentes Principais PC2.....	44
Figura 5 – Ordenação por análise de componentes principais.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo coletado na camada de 0-20 cm na área experimental.....	26
Tabela 2 – Valores de média, mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para as variáveis de trocas gasosas em umbuzeiro nas estações seca e chuvosa. Fotossíntese (A); Condutância estomática (gs); Transpiração (E); Concentração intercelular de CO ₂ (Ci); Eficiência intrínseca do uso da água (A/GS); Eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci).....	29
Tabela 3 – Valores de média, mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para os dados fluorescência da clorofila nas estações seca e chuvosa. Fluorescência variável (Fv); Fluorescência inicial (Fo); Fluorescência máxima (Fm); Razão entre fluorescência variável e fluorescência inicial (Fv/Fo); ClorofilaA; ClorofilaB.....	33
Tabela 4 – Valores de mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para os dados de glicose, sacarose e amido em umbuzeiros nas estações seca e chuvosa.....	35
Tabela 5 – Variáveis ambientais edáficas medidas em duas estações, seca e chuvosa, umidade do solo e parâmetros ambientais foliares.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. ARTIGO – Variação sazonal de parâmetros ecofisiológicos em matrizes de umbuzeiro.....	17
2.1 INTRODUÇÃO.....	17
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
2.2.1 ÁREA DE STTUDO.....	21
2.2.2 COLETA DE DADOS.....	21
2.2.2.1 Trocas gasosas.....	22
2.2.2.2 Fluorescência da clorofila a	22
2.2.2.3 Índices foliares de clorofila.....	23
2.2.2.4 Teores foliares de carboidratos.....	23
2.2.2.5 Extração e quantificação de amido.....	23
2.2.2.6 Extração e quantificação de açúcares redutores – glicose.....	24
2.2.2.7 Extração e quantificação de açúcares não redutores – sacarose.....	25
2.2.3 Caracterização do solo	25
2.2.3.1 Teor de umidade no solo	26
2.2.4 Índices de estrutura do dossel	26
2.2.5 Análise estatística	27
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
2.4 Análise de componentes principais.....	44
2.5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO – Normas da Revista Ciência Agronômica.....	55

1. INTRODUÇÃO GERAL

Estudos ecofisiológicos de árvores de florestas tropicais sazonalmente secas (FTSS) têm sido realizados devido à importância do entendimento do uso da água pelas plantas nesses ecossistemas ao enfrentarem estresse por deficiência hídrica devido a sazonalidade de precipitação e à alta temperatura e incidência luminosa que refletem diretamente nos padrões fenológicos e fisiológicos das plantas nesses ambientes.

O Semiárido brasileiro, comparado a outras regiões semiáridas do planeta, é relativamente mais chuvoso, com precipitação anual máxima de 800 milímetros. Porém, com uma insolação média de 2.800 horas/ano, temperaturas médias anuais de 23 °C a 27 °C, evaporação média de 2.000 mm/ano e umidade relativa do ar média em torno de 50% (SILVA et al. 2010), apresentando forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em média de três a quatro meses, cujo volume de água são insuficientes em seus mananciais para atendimento das necessidades da população.

É nesse ambiente que está localizada a Caatinga, ecossistema composto por um conjunto de Florestas Tropicais Sazonalmente Seca (FTSS), ocupando uma área de aproximadamente 826.411 km² do Nordeste brasileiro, o equivalente a 11% do território nacional (KIILL, 2021), com grande diversidade de ambientes e vegetações, cujas variações estão relacionadas com os tipos de solos e a disponibilidade de água, e com irregularidade na distribuição das chuvas, variando de 240 mm a 700 mm anualmente.

As particularidades das regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas e pela presença de solos pobres em matéria orgânica, prolongado período seco e elevada temperatura local. A Caatinga ocupa em parte os estados da Bahia, Ceará, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e uma porção localizada ao norte de Minas Gerais (PRADO, 2003).

A Caatinga, devido a sua localização, além de compor uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas, apresenta uma gama de deciduidade que está condicionada à sazonalidade das chuvas, onde ocorrem secas estacionais e periódicas, estabelecendo regimes intermitentes aos rios, e deixando a vegetação sem folhas. Tais eventos impulsionados pelo déficit hídrico, altas temperaturas e elevada intensidade luminosa, provocam uma demanda evaporativa alta e consequentemente, dessecação do solo (TROVÃO et al, 2007; TABARELLI e VICENTE, 2002).

A dinâmica da sazonalidade, heterogeneidade e diversificação da paisagem da Caatinga, conforme observado por Silva e Cruz (2018), traz dificuldade aos estudiosos quanto a identificação e classificação dos tipos fisionômicos, exigindo modelos de identificação de classes, para se obter um mapeamento mais detalhado.

Na literatura existem diversas classificações de tipologias de Caatinga que variam desde classificações puramente biológicas, onde as espécies vegetais são o principal critério de diferenciação, até classificações geossistêmicas, onde a relação da vegetação com o ambiente abiótico (solo, relevo, hidrologia, entre outros) é o principal fator para a diferenciação (SILVA e CRUZ, 2018).

Já na década de 1970, Hueck (1972), classificou esse bioma como Caatinga propriamente dita, mata de galerias, carnaubais, agrestes e outros tipos de matas secas, campos secos e campos cerrados.

Ferri (1980) diz que a Caatinga não é um tipo uniforme de vegetação, classificando-a em agreste, carrasco, sertão e seridó.

Na mesma década de 1980, Andrade-Lima, (1981) classificou a Caatinga em seis unidades, estas com subunidades totalizando doze tipos. Em sua classificação observou que dois fatores devem ser levados em consideração: interação clima-solo e a carência de informações referentes à relação entre vegetação e os fatores físicos.

O autor acima citado chamou a atenção para a riqueza da flora da Caatinga e destacou os exemplos fascinantes das adaptações das plantas aos habitats semiáridos. Dessa forma, a Caatinga, tem se destacado por conter uma grande diversidade de espécies vegetais, muitas das quais endêmicas ao bioma, e outras que podem exemplificar relações biogeográficas que ajudam a esclarecer a dinâmica histórica vegetacional da própria Caatinga.

Trabalhando em pesquisa para entender a dinâmica de funcionamento dessas Florestas Tropicais Sazonalmente Seca, Silva et al. (2004) observam que quando se propõe tratar da classificação vegetacional da Caatinga, implica em reconhecê-la como uma entidade identificável, composta por um conjunto de plantas que a distingue dos conjuntos que formam outros biomas.

Nas observações de Velloso et al (2002), a vegetação mais típica da Caatinga encontra-se nas depressões sertanejas, localizadas ao norte e ao sul do bioma, separadas por uma série de serras que constituem barreiras geográficas para diversas espécies. Isto favorece a existência de um número expressivo de táxons endêmicos, exclusivos desses locais.

De posse de tais informações, leva-se a pensar na potencialidade inerente à inteligência dos diversos grupos de seres humanos a fim de melhorar suas condições sociais, e movidos pela

necessidade, principalmente nos países em desenvolvimento, onde as populações são carentes e com poucas expectativas econômicas, há o aumento da exploração sobre seus recursos naturais, ensejando a busca de fontes alternativas de produção de alimentos, a fim de garantir a condição de segurança alimentar dos mais vulneráveis (MSUYA et al., 2010).

Assim, o estudo e utilização de espécies nativas, as culturas xerófilas, adaptadas a esse ambiente com déficit hídrico, são de suma importância para o desenvolvimento econômico e social do semiárido brasileiro.

Quando há redução na disponibilidade de água, acarreta uma série de mudanças morfológicas, fisiológicas, bioquímicas e moleculares em todos os órgãos da planta, haja vista ela ser responsável pela forma e estrutura dos órgãos essenciais para o crescimento e desenvolvimento, afetando diretamente a condutância estomática com implicações diretas na transpiração, fotossíntese e temperatura das folhas, causando prejuízos, e muitas vezes, o colapso em se tratando da produção agrícola em caso de secas severas (MENDES et al., 2007; SANTOS et al., 2009; PEIXOTO, 2011).

No entanto, muitas plantas são especialistas em estratégias de sobrevivência em ambientes hostis, especialmente em se tratando de FTSS, para lidarem com a variação sazonal na disponibilidade hídrica. Nessas especialidades, temos o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), uma espécie da FTSS que se destaca pela sua capacidade de sobreviver quando há escassez hídrica.

Pertencente à família Anacardiaceae, o umbuzeiro é uma árvore de pequeno a médio porte que se destaca entre outras espécies frutíferas com potencial de exploração na caatinga, de grande importância para a agricultura familiar, dada a relevância social para muitas comunidades daquela região, tendo em vista que, no período de sua colheita, o extrativismo tem se apresentado como a principal atividade econômica, cujos frutos com sabor e aroma bastante peculiares agradarem ao mercado consumidor nacional e também internacional (BATISTA, 2015).

A concentração mais elevada de crescimento espontâneo do umbuzeiro está entre as regiões de caatinga na Bahia, Alagoas, Paraíba na região do Cariri, agreste do Piauí e Pernambuco, juntamente com outras plantas adaptadas ao estresse por déficit hídrico, temperaturas elevadas e excesso de radiação, convivendo com as limitações do ambiente físico predominantes no Semiárido brasileiro (DONATO et al., 2019).

Planta frutífera, xerófita, caducifólia, o umbuzeiro é perfeitamente adaptado às zonas mais secas do Nordeste do Brasil. Durante a estação seca, suas folhas entram em processo de senescência e a planta permanece em estado de dormência vegetativa até a ocorrência das

primeiras chuvas. Os xilopódios ou túberas do seu sistema radicular, além de armazenarem água facilitando a sua sobrevivência em locais de baixa precipitação em ambientes secos e áridos, são comestíveis de sabor adocicado, denominadas popularmente batatas-do-umbu (MITCHELL e DALY, 2015).

Para Santos e Oliveira (2008), Cavalcante et al., (2002), a capacidade de adaptação do umbuzeiro em condições edafoclimáticas adversas da região semiárida, é atribuída a quatro principais mecanismos ecofisiológicos: (I) perda das folhas durante a seca, de dois a três meses após no final do período chuvoso; (II) raízes modificadas formando túberas que armazenam cerca de 2.000 litros de água e sais minerais por planta; (III) redução na abertura estomática logo nas primeiras horas da manhã como mecanismo de defesa da perda de água; e (IV) período de floração que antecede a emissão de novas folhas, o que resulta em alta taxa de aproveitamento de água para a produção de frutos.

O fruto do umbuzeiro apresenta-se na forma de drupa, obovoide e subgloboso denominado umbu ou imbu, possuindo polpa succulenta, quase aquosa quando madura com sabor agridoce. O fruto é muito apreciado e consumido, tanto pela fauna quanto pelo homem em diversas formas como in natura, suco, doce, umbuzada, sorvete, vitamina, picolé, entre outros (MITCHELL e DALY, 2015; BASTOS et al., 2016).

Tem-se observado que o processo de maturação dos frutos do umbuzeiro é muito rápido após ser colhido e sua vida útil dura de dois a três dias em temperatura ambiente. Isto porque as variáveis fisiológicas e bioquímicas sofrem intensas alterações, sendo influenciado diretamente pelo comportamento respiratório do fruto, climatérico, através do aumento da produção de etileno durante o amadurecimento que determina as taxas em que ocorrem as mudanças químicas como degradação da clorofila, degradação enzimática da parede celular, alterações no teor de açúcares e nos teores de compostos fenólicos (GIOVANNONI et al., 2017; LIMA et al., 2018).

Ao longo do tempo, o umbu tem conquistado a aceitação do consumidor não só nas comunidades rurais e centros urbanos locais, como também nos mercados nacional e internacional, pois, além das características sensoriais, é uma boa fonte de compostos bioativos, apresentando elevado potencial antioxidante, o que enfatiza o valor nutricional desses frutos, e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta, tendo em vista o foco do consumidor em alimentos funcionais (MOURA et al., 2013; NEVES et al., 2015; LIMA et al., 2018).

No entanto, a quantidade colhida não atende aos mercados consumidores. Em parte, porque os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista (DUTRA et al., 2017). Outra se deve ao fato de uma parte da produção ser perdida quando da queda natural dos frutos que

amadurecem na planta, além da dificuldade de acesso às plantas localizadas longe das comunidades, bem como os danos causados pelo manejo e o rápido amadurecimento pós-colheita, levando assim à necessidade de cultivar a espécie como exploração sistemática, o que proporcionará maior renda aos pequenos agricultores (LIMA et al., 2018).

Para Maia (2004), do umbuzeiro praticamente se aproveita tudo, a forragem, as folhas, os frutos e as túberas, servem de alimento para humanos e animais domésticos, assim como a madeira é empregada na fabricação de móveis rústicos, telhado, sustentação de casa de taipa, além da produção de lenha e carvão; os ramos e a casca são utilizados na medicina popular, agindo no tratamento de problemas digestivos, bem como cicatrizantes e nos tratamentos da anemia.

O umbuzeiro se destaca como uma espécie bastante promissora com capacidade de adaptar-se perfeitamente a períodos prolongados de seca, perdendo suas folhas, florescendo e frutificando durante esta estação e é considerada uma espécie de grande importância cultural, social, econômica e ecológica (ARAÚJO; SANTOS, 2004; LIMA FILHO, 2007).

Desta forma, uma mudança está acontecendo em relação à prática de utilização da madeira no emprego de obras internas, móveis rústicos, caixotes, lenha, está sendo abandonada, pois, os diversos serviços ambientais proporcionados pelo umbuzeiro e pela existência das mais variadas formas de uso que podem ser extraídas da espécie, podem proporcionar maior segurança alimentar e benefícios econômicos ao agricultor (LINS NETO et al., 2010; ARÉVALO-MARIN et al., 2015; NUNES et al., 2018;).

Apontado por Nunes et al. (2018) como uma das espécies mais versáteis do semiárido brasileiro, no que se refere à utilização medicinal, da casca, folhas, caule, raízes do umbuzeiro, podem ser extraídos substâncias com veneno abortivo e veterinário. As folhas do umbuzeiro, além de serem utilizadas como suplemento alimentar para caprinos, servem, também, para controle parasitário destes, sendo um empecilho no que se refere ao ganho de peso dos animais, causando prejuízo ao produtor (NASCIMENTO et al., 2016).

Ao longo do tempo, o umbu tem conquistado a aceitação do consumidor não só nas comunidades rurais e centros urbanos locais, como também nos mercados nacional e internacional, pois, além das características sensoriais, é uma boa fonte de compostos bioativos, apresentando elevado potencial antioxidante, o que enfatiza o valor nutricional desses frutos, e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta, tendo em vista o foco do consumidor em alimentos funcionais (MOURA et al., 2013; NEVES et al., 2015; LIMA et al., 2018).

Observa-se que a demanda por frutos de umbuzeiro é elevada e crescente, no entanto, a quantidade colhida não atende aos mercados consumidores. Isto porque uma parte da produção

é perdida devido à queda natural dos frutos que amadurecem na planta, a dificuldade de acesso às plantas localizadas longe das comunidades, bem como os danos causados pelo manejo e o rápido amadurecimento pós-colheita, levando assim à necessidade de cultivar a espécie como exploração sistemática, o que proporcionará maior renda aos pequenos agricultores (LIMA et al., 2018).

Os frutos do umbuzeiro são coletados de forma extrativista e participam significativamente do agronegócio regional, tanto pelo consumo in natura quanto sob a forma processada, sendo comercializados em feiras livres, mercados, nas ruas das cidades e nas estradas, sendo uma atividade de grande importância socioeconômica, principalmente para a agricultura familiar (DUTRA et al., 2017).

O potencial econômico do umbu para o país é grande e se torna uma alternativa de produção para a região semiárida brasileira, melhorando a alimentação, proporcionando uma nova opção de renda às famílias das comunidades rurais desta região. A implantação de pomares comerciais, além de valorizar os produtos regionais e despertar para a preservação dos umbuzeiros, com o desenvolvimento de tecnologias que possam prolongar e manter a qualidade do umbu, e que atendam as demandas do mercado consumidor, são estratégias que podem ser adotadas para melhorar a produção regional (BATISTA et al., 2015).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as mudanças fisiológicas em função da sazonalidade em plantas adultas de umbuzeiro.

ARTIGO

Variação sazonal de parâmetros ecofisiológicos em matrizes de umbuzeiro¹

2.1 INTRODUÇÃO

As formações vegetais denominadas de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS), são caracterizadas por ambientes que sofrem déficit hídrico ao longo do ano em período igual ou superior a cinco meses. As espécies vegetais existentes nesse hábitat, são adaptadas às intempéries recorrentes provocadas pela sazonalidade, evento comum nessa região (MORO et al., 2014; CASTANHO et al., 2020).

Compreendendo quase um terço do globo terrestre, as FTSS estão presentes nas Austrália, Américas Central e Sul, Ásia a sudeste, Eurásia e em porções na África, ocupando uma área de aproximadamente três milhões de km² (HASNAT e HOSSAIN, 2020). Na América do Sul, especialmente no semiárido brasileiro, está localizada uma das maiores FTSS denominada Caatinga, ocorre em quase todo o Nordeste e uma parte do Sudeste do Brasil em Minas Gerais. Alcança os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia (MMA, 2002).

Na visão de vários pesquisadores, a Caatinga é única no planeta dada as suas características especiais que não se assemelham a outras florestas, com alto índice de endemismo de espécies florestais não lenhosas, e tem como fator de destaque o clima, responsável pelas variações dos outros elementos que compõem as paisagens ali existentes, cuja vegetação e os processos de formação do relevo estão adaptados de acordo com a época do ano, as estações seca e chuvosa (ARAÚJO, 2011; DRYFLOR et al., 2016; FERNANDES et al. 2020).

A área do território nacional ocupada pelo bioma Caatinga, possui um mosaico de fitofisionomias vegetais abrigando 3.347 espécies em 962 gêneros e 153 famílias, destas, 526 espécies e 29 gêneros são endêmicas, revelando alta e exuberante diversidade florística no bioma (PAGANO et al., 2013; MORO et al., 2014; FERNANDES et al., 2020).

A FTSS, Caatinga não é homogênea e possui diversas fisionomias, mas a maioria das plantas ali existentes é caducifólia, com perda de folhas na estação seca, uma das estratégias para reduzir a área de transpiração durante a restrição hídrica, que por sua vez reduz a fotossíntese, o que diminui o conteúdo de amido e aumenta os açúcares solúveis, que

¹ Manuscrito submetido à Revista Ciência Agronômica

participam da ativação das respostas das plantas à indisponibilidade hídrica, contribuindo para o ajustamento osmótico, e na estação chuvosa mantém taxas altas de fotossíntese (PIMENTEL, 2005; MEDRANO et al., 2009).

Dentre as espécies florestais adaptadas ao semiárido brasileiro, destaca-se o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), espécie frutífera, perene e endêmica, conhecida pela sua capacidade de suportar condições de baixa disponibilidade hídrica e que produz um fruto bastante apreciado (OLIVEIRA et al., 2016).

Dado a possibilidade de ser cultivada em larga escala, estudos são necessários a fim de identificar características morfoanatômicas, ecofisiológicas, bioquímicas e agrônômicas que possam estar associadas a respostas das plantas em condições ambientais adversas no enfrentamento ao déficit hídrico. É uma espécie alternativa para produção paralela de alimento em situações desfavoráveis para o desenvolvimento de outras culturas, visto que pode ser aproveitada de diversas formas, tanto para a alimentação humana, quanto para a suplementação alimentar de animais, produção de madeira, fins medicinais, entre outros (PAODJUEÑAS et al., 2019).

O umbuzeiro, é uma árvore que mede em torno de 2 a 10 metros de altura, atrofiado e retorcido de cor cinza, projeta uma sombra densa e esparsa sobre o solo. A época de floração e frutificação dessa espécie da região Nordeste ocorre no período de estiagem. Suas folhas são compostas, alternas, pinadas, glabras quando adultas e folíolos ovalados. Suas flores são brancas, paniculadas, aromáticas e melíferas (LINS NETO et al., 2010; SOUZA e LORENZI, 2012; MITCHELL e DALY, 2015).

Ao longo do tempo, o umbu tem conquistado a aceitação do consumidor não só nas comunidades rurais e centros urbanos locais, como também nos mercados nacional e internacional, pois, além das características sensoriais, é uma boa fonte de compostos bioativos, apresentando elevado potencial antioxidante, o que enfatiza o valor nutricional desses frutos, e seu consumo pode contribuir substancialmente na dieta, tendo em vista o foco do consumidor em alimentos funcionais (MOURA et al., 2013; NEVES et al., 2015; LIMA et al., 2018).

O umbuzeiro é das espécies da Caatinga que leva vantagem quando há escassez hídrica, pois, a sua sobrevivência durante a estação seca, quando todas as plantas sofrem devido ao déficit hídrico, é assegurada, também, por um sistema radicular especializado. Esse sistema radicular do umbuzeiro adulto é pouco profundo, sendo composto de raízes lenhosas e tuberosas (xilopódios) utilizados na produção de doce. Os xilopódios – intumescências redondas, de consistência esponjosa, ricas em água e sais minerais – podem ser encontrados entre 10 cm e 30 cm de profundidade, podendo atingir em torno de 20 cm de diâmetro e 50 cm de

comprimento. Sua principal função é o armazenamento de água, minerais e outros solutos a serem utilizados durante a época seca na manutenção do metabolismo da planta e na iniciação do processo reprodutivo. A presença de xilopódios novos e em decomposição garante a reposição de nutrientes em quantidade suficiente para o desenvolvimento do ciclo reprodutivo do umbuzeiro (CAVALCANTI; RESENDE, 2006).

Esses recursos podem ser úteis em discussões sobre questões adaptativas de plantas nativas de ambientes áridos e semiáridos que são influenciados por marcada sazonalidade (FERRARO; SCREMIN-DIAS, 2018). Cada estrutura é capaz de armazenar em torno de 250 ml de água e apenas um único umbuzeiro pode produzir cerca de duas toneladas de xilopódios. Tanto essa reserva de água quanto a estrutura em si podem ser consumidas por humanos e animais em qualquer período (BATISTA et al., 2015).

O potencial econômico do umbu para o país é grande e se torna uma alternativa de produção para a região semiárida brasileira, melhorando a alimentação, proporcionando uma nova opção de renda às famílias das comunidades rurais desta região. É uma das espécies mais versáteis do semiárido brasileiro, no que se refere à utilização medicinal, da casca, folhas, caule, raízes do umbuzeiro (NUNES et al., 2018). As folhas do umbuzeiro, além de serem utilizadas para fins medicinais, são também aproveitadas como suplemento alimentar para caprinos e controle parasitário destes (NASCIMENTO et al., 2016).

A implantação de pomares comerciais, além de valorizar os produtos regionais e despertar para a preservação dos umbuzeiros, com o desenvolvimento de tecnologias que possam prolongar e manter a qualidade do umbu, e que atendam as demandas do mercado consumidor, são estratégias que podem ser adotadas para melhorar a produção regional (BATISTA et al., 2015).

O desenvolvimento vegetal está condicionado às condições ambientais predominantes e são controlados por reações fisiológicas que regulam a atividade de produção de biomassa através dos recursos ambientais disponíveis. O conjunto de fatores envolvendo disponibilidade de água, temperatura do ar, gravidade, disponibilidade nutricional, luminosidade e umidade relativa são conhecidos como fatores abióticos, que podem apresentar diferenças nas condições ideais para o desenvolvimento das plantas e contribuem para desencadear mudanças metabólicas e morfofisiológicas na maioria das culturas na fase reprodutiva mais especificamente no florescimento, além de serem fundamentais durante todo o crescimento da planta (PADILHA; ZAMBUZZI; CASTRO, 2017; SAIJO e LOO, 2020).

As influências causadas por esses fatores são potencializadas quando há atuação de dois ou mais fatores simultaneamente, como a interação entre temperatura e luminosidade,

importantes no processo fotossintético e desenvolvimento fisiológico vegetal; a radiação solar atuando para a geração de fitomassa, além de influenciar nos processos de evapotranspiração vegetal; estiagem e a má disponibilidade de água, entre outros, são condições que acarretam estresse nas plantas impondo limites para o seu desenvolvimento (GALON et al., 2010; CAMPOS et al, 2021).

A temperatura do ar influencia as plantas de várias formas e, tanto as altas como as baixas temperaturas podem ser prejudiciais ao seu desenvolvimento. Os limites de temperatura para uma determinada planta em crescimento ativo variam de 4 °C a 36 °C, e dependendo da espécie vegetal, a idade e a atividade fisiológica, esta pode requerer temperatura mínima e máxima para sobreviver, bem como temperatura ótima para o seu desenvolvimento máximo (PEREIRA e SIQUEIRA, 2018).

Outro fator importante que atua na fisiologia das plantas é a luz. A sua intensidade tanto reduzida quanto excessiva, pode causar alterações no crescimento, desenvolvimento, produtividade e conteúdo de matéria seca. Mas as plantas desenvolveram mecanismos que se ajustam a condições diversas que enfrentam, onde as variáveis fisiológicas envolvidos na fotossíntese e as características das folhas são adaptadas de acordo com a disponibilidade de luz e a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) correspondem à intensidade de luz disponível durante a fotossíntese (POORTER et al., 2019).

Objetivou-se com este trabalho avaliar as mudanças ecofisiológicas em função da sazonalidade em plantas adultas de umbuzeiro, buscando entender como reagem os mecanismos de sobrevivência de trocas gasosas, aparato fotossintético, dinâmica foliar de carboidratos, ante as mudanças sazonais.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Lagoa de Pedra com área de 300 ha, em um pomar natural de umbuzeiros localizada no município de Cubati-PB, situado na região centro-norte do Estado da Paraíba, mesorregião da Borborema e microrregião Seridó Oriental Paraibano, Nordeste do Brasil. As coordenadas geográficas entre 6° 52' 04" latitude sul e 36° 21' 03" de longitude oeste, com altitude varia entre 400 e 500 m (IBGE, 2022). Essa região apresentando clima, segundo Köppen, Bsh (semiárido quente), com ventos alísios de sudeste, com verão seco e temperatura média anual de 25 °C, com período longo de estiagem de 8 a 10 meses e precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano⁻¹. As chuvas da região sofrem influência das massas atlânticas de sudeste e do norte (SILVA e CRUZ, 2018).

2.2.2 Coleta de dados

Os dados foram coletados nas estações do ano seca e chuvosa, compreendendo os meses chuvosos de abril e maio/2020 e 2021, e dezembro de 2020 e janeiro de 2021 os meses da estação seca. Para efeito, foram selecionados, numerados e georreferenciados 20 umbuzeiros com médias de 41,6 cm para diâmetro na altura do peito (DAP) e 46,5 cm para diâmetro altura do solo (DAS), os quais foram medidos utilizando-se uma suta mecânica marca/modelo Haglöff/Mantax Blue, a fim de serem avaliados na pesquisa.

Os dados climáticos da localidade foram obtidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) para o município de Cubati-PB (Figura 1)

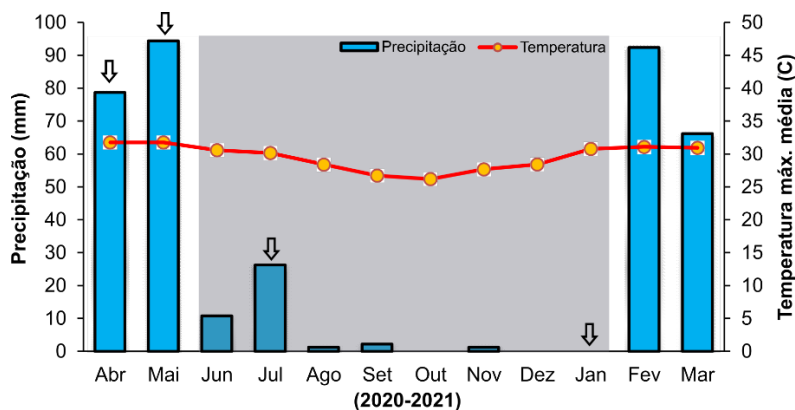


Figura 1. Precipitação acumulada mensal (mm.mês⁻¹) e temperatura máxima média do ar (°C) no município de Cubati, Paraíba, Brasil, no período em que foi realizada a pesquisa.

Os dados foram obtidos no final da estação seca e imediatamente após as primeiras chuvas. Para que os trabalhos pudessem ser realizados na estação seca, foram escolhidas plantas que ainda mantinham parte da folhagem, já que o umbuzeiro sob condições de déficit hídrico, perde totalmente suas folhas.

2.2.2.1 Trocas gasosas

Para as análises de trocas gasosas, utilizou-se um analisador portátil de gás por infravermelho (IRGA) (LI-COR, modelo LI-6400XT, Lincoln, NE, EUA), em 3 folhas por indivíduo sob condições controladas de CO₂ (400 µmol), densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) de 1.500 µmol fótons m⁻² s⁻¹ e temperatura da câmara de 25 °C, na realização das leituras em dias com condições climáticas favoráveis (céu aberto com total luminosidade), entre o período das 8h às 11h. As medições foram feitas em folhas completamente expandidas, sendo as variáveis avaliadas: temperatura da folha (°C); umidade relativa na folha (%); déficit de pressão de vapor na folha kPa), taxa fotossintética (A) (µmol m⁻² s⁻¹), condutância estomática (gs) (mol m⁻² s⁻¹), transpiração (E) (mmol m⁻² s⁻¹) e concentração intercelular de CO₂ (Ci) (µmol mol⁻¹). A partir desses dados, calculou-se a eficiência instantânea do uso de água (EUA, A/E), eficiência intrínseca do uso de água (EiUA, A/g_s) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC, A/Ci).

2.2.2.2 Fluorescência da clorofila a

As variáveis de fluorescência da clorofila a analisadas foram: fluorescência inicial (F₀) expostas a um fraco pulso de luz vermelho-distante (1-2 µmol m⁻² s⁻¹); fluorescência máxima (F_m) com um pulso de luz saturante, com irradiância de 3000 µmol fótons m⁻² s⁻¹ e duração de 1s foi aplicado para promover, temporariamente, a máxima redução do aceptor primário de elétrons do FSII (Q_a), emitida pelas amostras adaptadas ao escuro. A partir dessas medidas, a máxima eficiência fotoquímica do PSII (F_v/F_m = (F_m - F₀)/F_m) foi calculada (SCHREIBER et al., 1994). As medições foram realizadas em folhas não danificadas (1 folha por indivíduo), sendo adaptadas ao escuro através de pinças durante 30 minutos. As análises foram realizadas por meio de um fluorímetro portátil de excitação contínua (Opti-Sciences Chlorophyll Fluorometer – OS-30p, Hudson, USA), entre o período de 08h e 11h.

2.2.2.3 Índices foliares de clorofila

Os índices de clorofila a (Clo a) e clorofila b (Clo b) foram mensurados utilizando-se um clorofilômetro portátil (Clorofilog CFL 1030, FALKER, Brasil), em quatro folhas por indivíduo localizadas no terço médio das plantas nos quatro pontos cardeais.

2.2.2.4 Teores foliares de carboidratos

Para análises de dados metabólicos de carboidratos, foram coletadas amostras de folhas de cada umbuzeiro, sendo que na estação chuvosa as coletas se deram em folhas da porção inferior das plantas, enquanto que na estação seca estas foram coletadas conforme a disposição que se encontravam, já que a maioria delas haviam caído, as quais foram encaminhadas para o Laboratório de Ecologia Vegetal, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II. Posteriormente foram acondicionadas em sacos de papel e levadas à estufa de secagem de circulação forçada em temperatura constante a 65 °C, com monitoramento diário através de pesagem em balança digital (0,001 g), até atingir peso constante, obtendo, assim, a sua desidratação. Após foram moídas, totalizando 10 amostras coletadas em cada estação (seca e chuvosa) e encaminhadas ao Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, para determinação de amido, açúcares redutores e açúcares não-redutores (glicose e sacarose), conforme o método de Lutz (1985).

2.2.2.5 Extração e quantificação de amido

Procedeu-se a pesagem de 10 g de cada amostra colocando em balão de Erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 75 mL de água destilada seguido de 10 mL de ácido clorídrico P.A., deixando em autoclave a 120 °C por 20 minutos, tampados com papel alumínio. Após esse período, procedeu-se ao esfriamento e neutralização com solução de hidróxido de sódio a 40%, adicionando-se 2 mL de Acetato neutro de Chumbo 30%, completou-se o volume para um balão de 250 mL e agitou-se. Em seguida a solução foi filtrada e colocada em um balão de Erlenmeyer de 250 mL adicionando 40 mL de água destilada, para determinar titulando em solução de Fehling A e B (aquecida até ebulição), agitando sempre, até 1ª viragem, adiciona-se duas gotas de azul de metileno 1% como indicador, continuando a titulação até a segunda viragem (vermelho translúcido com resíduo precipitado vermelho de Cu₂O) (LUTZ, 1985). Para o cálculo da amostra utilizou-se a fórmula:

$$\text{Amido (\%)} = \left[\frac{100 \times A \times a}{P \times V} \right] \times 0,90$$

onde:

100 = porcentagem (%)

A = volume de mL da solução final de P g da amostra (volume de diluição)

a = quantidade de g de glicose correspondente a 5 mL das soluções de Fehling (fator/2, ou seja, ~0,025).

P = massa da amostra em g

V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação

F = 0,90

2.2.2.6 Extração e quantificação de açúcares redutores – glicose

Pesou-se 5 g da amostra em um Becker de 250 mL e adicionou-se 50 mL de água à 80 °C. Após, foi adicionado carbonato de sódio anidro P.A (1,0 g) agitando-se. Foi completado o volume em balão volumétrico de 100 mL e agitou-se, sendo transferido para uma bureta. Foi colocado em um Erlenmeyer de 250 mL, com auxílio de pipetas de 5 mL, cada uma das soluções de Fehling A e B, adicionando-se 40 mL de água destilada, sendo aquecida até ebulição. Foi adicionado a solução da bureta sobre a solução em ebulição, agitando-se sempre, até que esta solução passou de azul para vermelho tijolo (1ª viragem); foi adicionado duas gotas de azul de metileno 1% como indicador, continuando a titulação até a 2ª viragem (vermelho translúcido com resíduo precipitado vermelho de Cu_2O). Para o cálculo da amostra utilizou-se a fórmula:

$$\text{Carboidratos redutores em glicose (\%)} = \left[\frac{100 \times A \times a}{P \times V} \right]$$

onde:

100 = porcentagem (%)

A = volume de mL da solução final de P g da amostra (volume de diluição)

a = quantidade de g de glicose correspondente a 5 mL das soluções de Fehling (fator/2, ou seja, ~0,025).

P = massa da amostra em g

V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação.

2.2.2.7 Extração e quantificação de açúcares não redutores – sacarose

Com o auxílio de uma proveta, transferiu-se 50 mL do filtrado obtido em carboidratos redutores em glicose, para um Erlenmeyer de 250 mL. Foi acidificado com ácido clorídrico P.A. (2,0 mL). Após esses procedimentos foi colocado em banho-maria à 100 ± 2 °C por 30 a 45 minutos e coberto com papel alumínio. Após esfriar foi neutralizado com solução de NaOH a 40%, com auxílio de papel indicador tornassol. Foi completado o volume em balão volumétrico de 100 mL e agitou-se, sendo transferido para uma bureta. Foi colocado em um Erlenmeyer de 250 mL, com auxílio de pipetas de 5 mL, cada uma das soluções de Fehling A e B, adicionando-se 40 mL de água destilada, sendo aquecida até ebulição. Foi adicionado a solução da bureta sobre a solução em ebulição, agitando-se sempre, até que esta solução passou de azul para vermelho tijolo (1ª viragem); foi adicionado duas gotas de azul de metileno 1% como indicador, continuando a titulação até a 2ª viragem (vermelho translúcido com resíduo precipitado vermelho de Cu_2O). Para o cálculo da amostra utilizou-se a fórmula:

$$\text{Carboidratos não redutores em sacarose (\%)} = \frac{[100 \times A \times a - B]}{P \times V} \times 0,95$$

onde:

100 = porcentagem (%)

A = volume de mL da solução final de P g da amostra (volume de diluição)

a = quantidade de g de glicose correspondente a 5 mL das soluções de Fehling (fator/2, ou seja, ~0,025).

P = massa da amostra em g ou nº de g da amostra usado na inversão (peso/2)

V = volume de mL da solução da amostra gasto na titulação

B = valor de g de glicose, por cento, obtido em carboidratos redutores, em glicose

F = 0,95 (fator de conversão em sacarose)

2.2.3 Caracterização do solo

Para caracterização físico-química do solo da área experimental, foram coletadas amostras simples de solo (0-20 cm de profundidade) sob a copa de umbuzeiros, sendo posteriormente homogeneizadas para obtenção de uma amostra composta, cujos resultados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-químicos do solo coletado na camada de 0-20 cm na área experimental.

pH (H ₂ O)	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺	Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	SB	CTC	V	MO
	---mg dm ⁻³ ---			-----cmolc dm ⁻³ -----							%	-g kg ⁻¹ -
6.6	42,6	0,52 (cmol dm ⁻³)	0.12	0.9	0	3.6	1.4	5.7	6.7	85,7	7.8	

Atributos físicos do solo coletado na camada de 0-20 cm na área experimental.

Areia (2 - 0.05 mm)	Silte (0.05 - 0.002 mm)	Argila (< 0.002 mm)	Classe
-----g/kg-----			
830	98,5	71,5	Areia franca

2.2.3.1 Teor de umidade no solo

Para determinação da umidade do solo (US), foi realizada coleta de solos nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, distante 2 m do tronco de cada indivíduo. Utilizou-se um cavador simples, sendo o material acondicionado em sacos plásticos e encaminhado ao Laboratório de Ecologia Vegetal, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II. O material foi pesado em balança digital (0,001 g) para obtenção da massa úmida da amostra (MU), posteriormente posto em estufa de secagem e esterilização analógica de circulação forçada em temperatura constante a 65 °C, procedendo-se à pesagem alternada até a obtenção do peso seco constante, para, então, determinar a umidade do solo em % (UM) utilizando-se a equação: $US (\%) = \frac{UM - MS}{MS} \times 100$, em que US = umidade do solo em %; UM = massa úmida da amostra (g); MS = massa seca da amostra (g) (KLEIN, 2008).

2.2.4 Índices de estrutura do dossel

Com a utilização de um analisador de dossel (CI-110 Plant Canopy Analyzer, USA), os dados foram coletados abaixo de cada dossel em condições de luminosidade difusa (início da manhã), otimizando a precisão do aparelho, de modo a observar o máximo contraste entre as folhas e o céu (GALVANI; LIMA, 2014), para se determinar índice de área foliar (IAF); manchas de sol (%); densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

2.2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste t-Student pareado, considerando amostras dependentes ($\alpha=0,05$). Avaliaram-se todos os pressupostos necessários para a realização da inferência estatística, seguindo-se recomendações do protocolo para a exploração de dados (ZUUR et al., 2009). A maior parte dos dados apresentou homogeneidade de variância. Em caso contrário, utilizou-se argumento “var.equal = FALSE” da função t.test.

Para verificar as relações entre o conjunto de variáveis ambientais – Grupo I (umidade do solo e parâmetros foliares) e ecofisiológicos - Grupo II (trocas gasosas, fluorescência da clorofila a e b, atributos bioquímicos), realizou-se uma análise de componentes principais (ACP). Para evitar problemas de magnitude, todas as variáveis foram padronizadas antes da análise de principais componentes – ACP (Z-score), tendo o objetivo de controlar as diferenças em cada variável de medida e também comparar medidas que não apresentassem as mesmas unidades (GOTELLI e ELLISON 2012). Para isso, utilizou-se a padronização Z ($Z = (y_i - \bar{y})/s$), onde y = a variável, $\bar{y}$ = os valores médios e s = o desvio padrão, satisfazendo assim todos os requisitos básicos para testar hipóteses, incluindo dados normalidade e homogeneidade de variância (GOTELLI e ELLISON 2012). Paralelamente, diferentes análises de variância (one-way) foram complementadas pelo teste a posteriori de Tukey ($\alpha = 0,05$), utilizando as variáveis ambientais – Grupo I e ecofisiológicos - Grupo II, associados a diferentes estações e foram comparados. Foram utilizadas as pontuações dos eixos para discriminar o possível efeito das estações sobre as variáveis dos grupos utilizando os eixos de maior explicação e as associações entre as variáveis [ou seja, PC1 e PC2; Gotelli e Ellison (2012)]. Por fim, reuniu-se todas as camadas do PCA em uma escala padrão com o auxílio dos pacotes ggplot2 e Vegan no software R (HUSSON et al. 2017).

As análises foram realizadas com o auxílio do Software R versão 3.4.0 (Core Team, 2023).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As trocas gasosas em umbuzeiro guardaram estreita relação com a disponibilidade hídrica. Foram observadas variações sazonais na condutância estomática (GS), taxa fotossintética foliar (A), transpiração (E), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (Figura 2).

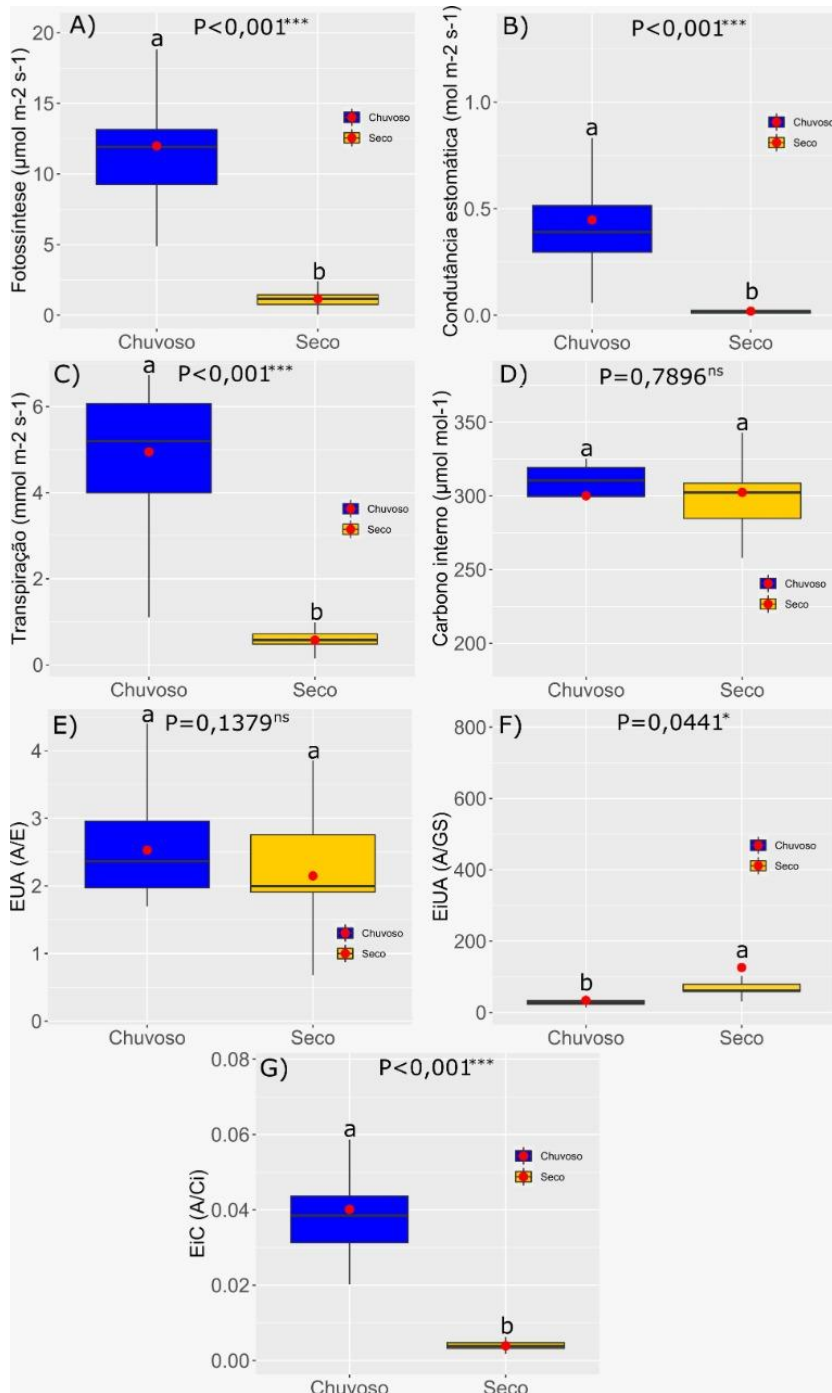


Figura 2. Trocas gasosas de umbuzeiro nas estações seca e chuvosa. A. Fotossíntese; B. condutância estomática; C. transpiração; D. concentração interna de CO_2 ; E. eficiência instantânea do uso da água; F. eficiência intrínseca do uso da água; e G. eficiência instantânea de carboxilação. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de t-Student (pareado) a 5% de probabilidade.

Assim, a taxa fotossintética (A) é reduzida acentuadamente quando a espécie é atingida por déficit hídrico (DH), ou seja, na estação seca, atingindo valores máximos de 2,41 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ em comparação à estação chuvosa quando chegou a 20,41 $\text{CO}_2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Tabela 2).

Tabela 2. Valores de média, mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para as variáveis de trocas gasosas em umbuzeiro nas estações seca e chuvosa. Fotossíntese (A); Condutância estomática (gs); Transpiração (E); Concentração intercelular de CO_2 (Ci); Eficiência intrínseca do uso da água (A/GS); Eficiência instantânea do uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci).

	Estação chuvosa						
	A	gs	E	Ci	A/gs	A/E	A/Ci
	($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)				
$\bar{X}$	11.99	0.45	4.95	300.05	33.85	2.53	0.04
Mín.	4.88	0.06	1.11	241.29	13.93	1.70	0.02
Máx.	20.41	1.35	6.74	325.28	84.44	4.40	0.08
Desvio padrão	3.96	0.28	1.44	27.95	17.69	0.72	0.01
Variância	15.70	0.08	2.08	781.01	312.77	0.51	0.00
	Estação seca						
	A	gs	E	Ci	A/gs	A/E	A/Ci
$\bar{X}$	1.15	0.02	0.58	302.43	54.69	2.15	0.00
Mín.	0.06	0.01	0.06	187.00	6.00	0.16	0.00
Máx.	2.41	0.05	0.99	382.00	103.00	3.86	0.01
Desvio padrão	0.65	0.01	0.25	41.30	23.49	0.98	0.00
Variância	0.42	0.00	0.06	1705.76	551.87	0.97	0.00

Na estação seca houve redução da condutância estomática (gs) cujo desvio padrão chegou próximo a zero em relação à estação chuvosa; evento parecido com a transpiração (E) onde a redução na estação seca foi de 85,31% $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ comparado à estação chuvosa (Tabela 2).

O processo metabólico que age na manutenção do equilíbrio térmico das plantas, a transpiração (E), influência em outros eventos importantes na estrutura vegetal como pressão osmótica, transporte de nutrientes minerais, controle de turgidez, além de permitir a perda de água para a regulação dos processos através do movimento de abertura e fechamento dos estômatos. Quando há transpiração em excesso pode ocorrer a desidratação dos tecidos, ao mesmo tempo que, o baixo teor fotossintético retarda o desenvolvimento celular (CAMPOS et al., 2021).

A redução nas taxas de fotossíntese (A) e condutância estomática (gs) apresentadas nas plantas de umbuzeiro avaliadas na estação seca em relação à estação chuvosa, pode estar associada à deficiência hídrica motivada pela baixa e/ou ausência pluviométrica na região, que

diminui a fotossíntese pelo fechamento dos estômatos, reduzindo a eficiência do processo de fixação de carbono, suprimindo a formação e expansão foliar, que induz à queda das folhas. Além desses eventos, a deficiência hídrica provoca diminuição do volume celular, concentração de solutos, progressiva desidratação do protoplasto, alterando de alguma forma os processos vitais.

Com isso, além da diminuição da turgescência com consequente redução do processo de crescimento, há o fechamento dos estômatos provocando uma diminuição na assimilação líquida de CO₂ (A), reduzindo a fixação de carbono, reduzindo a atividade da Rubisco (Ribulose-1,5-bifosfato) ocasionado pela baixa quantidade de ATP (adenosina trifosfato), consequência do decréscimo da ATP sintase, enzima essa suscetível à desidratação celular (TEZARA et al., 1999; TAIZ et al., 2017).

As alterações nos processos vegetais são evidentes quando estes são submetidos à escassez hídrica. Observações feitas por Vellini et al. (2008) verificam que plantas de eucalipto quando submetidas a estresse hídrico apresentaram menores taxas de fotossíntese e, consequentemente, menor produção de massa seca. Estudos conduzidos por Nogueira et al. (2001) em plantas de aceroleiras (*Malpighia emarginata* D.C.) detectaram uma diminuição nas taxas de transpiração e um aumento na resistência difusiva na estação seca, quando comparadas à estação chuvosa.

As plantas desenvolveram várias estratégias com a finalidade de retardar o déficit hídrico, tais como absorção de água mais eficiente, ao desenvolver um profundo sistema radicular capaz de absorver água a vários metros de profundidade (LARCHER, 2006). A redução da superfície transpirante é outra estratégia desenvolvida que, por meio de fechamento temporário dos estômatos, a existência de estômatos de tamanho reduzido, bem como estômatos localizados na parte inferior da folha, recobertos sob uma camada de pelos ou em depressões, presença de uma epiderme e parede celular densamente cutinizada, além de uma camada espessa de cera (CABRERA et al., 2021), atuam no retardamento do déficit hídrico.

O desenvolvimento da capacidade de condução e armazenamento de água pela formação de uma grande área do sistema de condução ao desenvolverem maior quantidade de xilema e densa venação das folhas, capacidade de armazenar água em seus caules, folhas, bulbos e tubérculos, se constitui em outra estratégia capaz de manter o vegetal hidratado por mais tempo no período de escassez hídrica (LARCHER, 2006).

Em *Spondias tuberosa* Arruda sob condições semiáridas, Lima Filho (2004) constatou que no período chuvoso ocorrem dois picos de trocas gasosas nessa espécie, um no início da manhã (8 - 10 h) e outro no final da tarde (16 h). No mesmo experimento, foram observadas

reduções na condutância estomática a partir das 10h e uma recuperação às 16h. Consequentemente, houve redução nas taxas de transpiração e fotossíntese. Na estação seca, o umbuzeiro apresentou baixa condutividade estomática no início do dia, e essa taxa foi decrescendo à medida que aumentou o déficit de pressão de vapor. Resultados parecidos encontrados nesta pesquisa no que se refere ao comparativo entre as estações seca e chuvosa.

Em trabalho realizado por Lima Filho e Silva (1988) com *Spondias tuberosa* Arruda, ao compararem o comportamento da espécie em campo nas estações seca e chuvosa, observaram que no período seco ocorreu um aumento na resistência estomática e queda na transpiração.

O aumento, ainda que pequeno, da máxima concentração intercelular de CO₂ (C_i), em torno de 14,9% (Tabela 2) observado na estação seca, detectado na presente pesquisa, pode ser explicado pelo fechamento dos estômatos onde uma parte do CO₂ liberado pela respiração permaneceu no meio intercelular, o que provocou aumento da concentração interna de CO₂. Levando ao entendimento de que o fechamento estomático é o principal fator que restringe o desempenho fotossintético das plantas durante a estação seca, afetando a resistência do mesófilo para a difusão de CO₂ na câmara subestomática (LIMA FILHO, 2004; NASCIMENTO, 2009; BARBOSA et al., 2018). O aumento da concentração intercelular de CO₂ (C_i) correlacionado com a redução da fotossíntese (A), foi detectado por Lima Filho (2004) em trabalho realizado com plantas adultas de *Spondias tuberosa* Arruda em campo, avaliado na estação seca.

No período de avaliação de umbuzeiros neste estudo, registrou-se valores máximos de eficiência intrínseca no uso da água EiUA (A/g_s) maiores na estação seca, 103 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, enquanto que na chuvosa o valor máximo foi de 84,44 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ (Tabela 2).

A eficiência intrínseca do uso da água EiUA (A/g_s) das plantas está diretamente ligada ao tempo de abertura dos estômatos e a quantidade de CO₂ que a planta absorve para a fotossíntese, com a água perdida para a atmosfera por evapotranspiração, em função do gradiente de potencial de água, sendo assim um bom indicador de possíveis limitações estomáticas à fotossíntese (CHAVES et al., 2002).

Tanto a eficiência instantânea do uso da água EUA (A/E) quanto a eficiência intrínseca no uso da água EiUA (A/g_s) obtidas das variáveis de trocas gasosas, expressam a eficiência com que as plantas utilizam água ao mesmo tempo em que realizam a assimilação do carbono.

Assim, plantas com alto controle estomático são mais eficientes no uso intrínseco da água (BERRY et al. 2010), resultado encontrado neste estudo, onde as baixas taxas de g_s observadas na estação seca, revelam boa eficiência intrínseca no uso da água. Em estudo realizado por Rosa et al. (2017) com copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), observaram que altos valores de EUA, são característicos de plantas tolerantes a baixa disponibilidade de

recursos hídricos, e servem como parâmetros indicativos da plasticidade fisiológica das plantas aos fatores abióticos. A correlação da redução na condutância estomática com o incremento da (A/E) (Tabela 2), indica a absorção de carbono com menor perda de água, contribuindo para manutenção da fotossíntese (SANTOS et al. 2018).

Já a eficiência instantânea do uso da água EUA (A/E) e concentração intercelular de CO₂ (C_i) não apresentaram diferenças significativas nas estações chuvosa e seca estudadas ($p=0,1379$), ($p=0,7896$) respectivamente (Figura 2, D e E e Tabela 2), apresentando valores máximos de 4.40 [($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] e 3.86 [($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)] respectivamente. A pequena diminuição registrada na EUA (E/A) pode estar atrelada aos aumentos na radiação solar acumulada, na temperatura do ar e na redução da umidade relativa do ar.

A diferença significativa encontrada na eficiência instantânea de carboxilação EiC (A/C_i) observada na estação seca ao se comparar com a estação chuvosa (Tabela 2), mostra que a espécie em estudo sofreu decréscimo de 87,5% na EiC (A/C_i), saindo de 0,08 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para 0,01 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Estudos demonstram que a eficiência instantânea de carboxilação EiC (A/C_i) possui estreita relação com a concentração intercelular de CO₂ (C_i) e com a taxa de assimilação CO₂ (A) (MACHADO et al. (2005), e que a fotossíntese é um mecanismo que tem grande potencial de aclimação, pois a planta necessita modular a quantidade e a atividade específica dos seus componentes bioquímicos foliares para compensar as mudanças do meio ambiente (BLOOM et al., 1985), sendo que a temperatura ótima, onde são obtidos os valores mais expressivos de EiC, situa-se entre 20 °C e 30 °C (MACHADO et al., 2005). Tem-se o entendimento que a aclimação fotossintética sob elevada concentração de CO₂ ocorre devido à redução no investimento de recursos para a Rubisco e ao aumento do investimento em processos de suporte e regeneração de ribulose-1,5-bifosfato (RuBP). Nesta pesquisa foi verificado que em plantas de umbuzeiro, dada a diminuição no valor da eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) na estação seca, supõe-se que houve uma redução na atividade da Rubisco, significando que houve uma provável aclimação das plantas em elevado CO₂ em relação ao ambiente.

Foram feitas as medições dos valores de fluorescência inicial (F₀) e fluorescência máxima (F_m), variáveis estas que possibilitaram determinar estimativas das relações: F_v/F₀ (PEREIRA et al., 2000) apresentando tendências semelhantes nas diferentes estações avaliadas, ou seja, não apresentaram diferenças significativas da estação chuvosa para a seca. Os valores máximos de fluorescência inicial (F₀) encontrados foram 234 elétrons quantum⁻¹ e 240 elétrons quantum⁻¹ nas estações chuvosa e seca, respectivamente, tendo um pequeno aumento de 2,5%

na estação seca. Para a fluorescência máxima (Fm), houve também um pequeno acréscimo na estação seca cujo valor máximo foi de 1134 elétrons quantum⁻¹ contra 1089 elétrons quantum⁻¹ da estação chuvosa, ou seja, 4%. Para a fluorescência variável (Fv) o valor foi de 0,82 elétrons quantum⁻¹ e 0,81 elétrons quantum⁻¹ nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Os valores encontrados para a razão Fv/Fo foram de 0,02 para a estação chuvosa e 0,01 para a seca (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de média, mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para os dados fluorescência da clorofila nas estações seca e chuvosa. Fluorescência variável (Fv); Fluorescência inicial (Fo); Fluorescência máxima (Fm); Razão entre fluorescência variável e fluorescência inicial (Fv/Fo); ClorofilaA; ClorofilaB.

Estação											
	$\bar{X}$	Chuvosa				$\bar{X}$	Seca				P-valor
		Min.	Máx.	Desv. Padrão	Variância		Min.	Máx.	Desv. Padrão	Variância	
Fv	0.77	0.61	0.82	0.05	0.00	0.76	0.63	0.81	0.04	0.00	=0,3097 ^{ns}
Fo	175.21	46.00	234.00	44.72	2000.27	194.98	136.00	240.00	23.66	559.80	=0,0762 ^{ns}
Fm	760.77	179.37	1089.00	283.48	80362.28	816.18	398.00	1134.00	143.96	20724.80	=0,4188 ^{ns}
Razão Fv/Fo	0.01	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	=0,1238 ^{ns}
ClorofilaA	41.06	31.80	49.80	4.30	18.53	24.80	15.70	44.00	6.70	44.85	<0,001 ^{**}
ClorofilaB	9.45	6.40	19.90	3.28	10.76	5.92	3.50	10.00	1.49	2.21	<0,001 ^{**}

Ao se depararem com situações de estresse abiótico, as plantas sofrem alterações no seu estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos provocando mudanças nas características dos sinais de fluorescência, as quais podem ser quantificadas nas folhas. As variáveis da fluorescência da clorofila máxima (Fm), fluorescência variável/fluorescência máxima (Fv/Fm) e fluorescência variável/fluorescência inicial (Fv/Fo) têm sido utilizadas para identificar vegetais tolerantes a situações adversas (RIBEIRO et al. 2003; BAKER; ROSENQVST, 2004; MOUSTAKA et al. 1995). No presente estudo não houve diferenças significativas nos valores captados entre as variáveis supracitadas nas estações chuvosa e seca em umbuzeiros (Tabela 3). O aumento da fluorescência inicial (Fo), que é independente dos eventos fotoquímicos, reflete destruição do centro de reação do fotossistema II (PSII) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena para o centro de reação (BAKER; ROSENQVST, 2004), evento possivelmente representado pelo pequeno acréscimo no valor da fluorescência inicial (Fo) na estação seca em relação à chuvosa, encontrado no presente estudo.

Quando a quinona (QA) e os centros de reação são alterados, atingindo a sua máxima capacidade, a fluorescência máxima (Fm) se apresenta como um indicador do estado

fotoquímico das folhas ou mesmo de estresses ambientais quando relacionado a fluorescência variável (F_v) (SILVA et al., 2015). O pequeno acréscimo da F_m detectado neste trabalho na estação seca em relação à chuvosa, acompanhando a F_0 (Tabela 3), indica que em condições ambientais desfavoráveis pode haver modificações na estrutura de pigmentos fotossintéticos no fotossistema II (PSII), um dos principais alvos do estresse por baixas e altas temperaturas, como mostra estudos realizados utilizando a fluorescência da clorofila (BERTAMINI et al., 2007; BRESTICA et al., 2012), avaliando efeito de fatores ambientais sobre o metabolismo fotossintético e o grau de tolerância das plantas frente aos estresses abióticos (STIRBET; GOVINDJEE, 2011).

A razão entre o fluxo de energia capturada e a energia dissipada F_v/F_0 tem sido, também, recomendada para detectar mudanças induzidas pelos estresses (LICHTENTHALER et al., 2005), como um possível indicador da eficiência máxima no processo fotoquímico no PSII e/ou da atividade fotossintética potencial de plantas saudáveis e estressadas, com valores ideais variando entre 4 e 6 elétrons quantum⁻¹ (BABANI; LICHTENTHALER, 1996; ROHÁČEK, 2002; SILVA et al. 2015). Percebe-se que neste trabalho, os valores máximos obtidos em cada período avaliado são muito baixos e bastante próximos, 0,02 elétrons quantum⁻¹ e 0,01 elétrons quantum⁻¹ nas estações chuvosa e seca, respectivamente, não existindo diferença estatística entre os mesmos (Tabela 3).

As concentrações de clorofila (a) e (b) em folhas de umbuzeiro, diminuíram na estação seca em comparação à chuvosa. Os valores de diminuição na concentração máxima foram na ordem de 11,64% para clorofila (a) e 49,74% para clorofila (b); isto representa uma variância de 18,53 e 44,85 na clorofila (a) e 10,76 e 2,21 na clorofila (b) nas estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 3).

A clorofila é o principal pigmento responsável pela captação da energia luminosa utilizada no processo da fotossíntese, sendo um processo essencial para manter o crescimento e o desenvolvimento vegetal. Dessa forma, a concentração de pigmentos tem sido frequentemente utilizada como um indicador do efeito dos estresses ambientais sobre as plantas, ferramenta útil para avaliar o metabolismo das plantas em resposta à seca (TAIZ e ZEIGER, 2016). A diminuição significativa nos teores de clorofila a e b na estação seca, indica que ante a diminuição da disponibilidade hídrica, a planta não conseguiu manter a integridade do seu maquinário fotossintético. Pesquisadores têm sugerido que o estresse pode inibir a síntese do ácido 5-aminolevulínico, molécula precursora da clorofila, ou aumentar a atividade da enzima clorofilase que degrada a clorofila (TAIZ e ZEIGER, 2013). No presente estudo houve diminuição da clorofila b mais acentuada que a clorofila a, sugerindo que esta foi mais afetada

pelo estresse hídrico, acontecimento que pode ser justificado pelo fato de que o primeiro passo na degradação da clorofila b é a sua conversão em clorofila a para manter os níveis fotossintéticos da planta (FANG et al., 1998).

Sabe-se que nos períodos com restrições hídricas, a condutância estomática (gs) é reduzida e por sua vez compromete a absorção de CO₂. Outro fator importante nesses processos é a incidência de luz sobre as folhas que pode alterar o maquinário fotossintético (SOUZA et al. 2013). Pesquisando sobre as espécies arbóreas *Cabralea canjarana* e *Centrolobium robustum*, Carvalho (1996) observou que quando aumentou o nível de sombreamento, concomitantemente o teor de clorofila b se elevou. É importante entender que o aumento da clorofila b nas folhas quando submetidas a baixa luminosidade, se dá pelo fato de que a clorofila b ao captar energia de outros comprimentos de onda a transfere para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese e representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa (SCANLON et al. 2002). Em pesquisa realizada por Reid et al., (1991), observaram que quando aumenta os teores de clorofila nas folhas, aumenta também a capacidade de absorção de luz de diferentes comprimentos de onda nos picos da fotossíntese, semelhante ao que acontece com a luz na faixa do verde, presente em grande quantidade no interior do dossel das florestas. No presente trabalho, nota-se que as medições realizadas em *Spondias tuberosa* Arruda na estação chuvosa, apresentaram maior concentração no teor de clorofila, significando que nesse período há uma concentração maior de nebulosidade e conseqüentemente maior sombreamento, o que justifica a redução maior no teor de clorofila b na estação seca.

Nas concentrações de carboidratos, verificou-se pequenas alterações comparando as duas estações (Tabela 4), não representando diferenças significativas no que se refere a glicose. Da concentração média de glicose na estação chuvosa, houve um acréscimo de 3,47% para a estação seca. Já amido e sacarose apresentaram diferença significativa comparando-se as duas estações. O amido apresentou decréscimo médio de 10,99% na estação chuvosa em relação à seca, e a sacarose de 19,04% em média.

Tabela 4. Valores de mínimo, máximo, desvio padrão (variância absoluta) e variância total para os dados de glicose, sacarose e amido em umbuzeiros nas estações seca e chuvosa.

	Estação										
	Seca					Chuvosa					P-valor
	$\bar{X}$	Min.	Máx.	Desv. Padrão	Variância	$\bar{X}$	Min.	Máx.	Desv. Padrão	Variância	
Glicose	2.88	1.35	4.35	1.06	1.14	2.78	1.6	4.86	1.12	1.25	=0,7034 ^{ns}
Sacarose	2.31	1.64	2.86	0.34	0.11	1.87	1.08	2.73	0.45	0.20	<0,001
Amido	5.91	4.02	6.79	1.02	1.04	5.26	3.54	6.95	1.22	1.49	=0,055 ^{ns}

A manutenção das concentrações observada durante o período de restrição hídrica, mesmo apresentando redução na condutância estomática (gs) e assimilação líquida de CO₂ (A), indica que houve retenção do crescimento, diminuição na taxa de translocação para os drenos, além da sustentação de um metabolismo de tolerância foliar, o que é característica de espécies de floresta tropical sazonalmente seca (FTSS) capazes de tolerar longos períodos de déficit hídrico (SANTOS et al. 2014).

O amido é o carboidrato de reserva mais abundante nas plantas no que se refere a quantidade, universalidade e distribuição em diferentes espécies. No presente trabalho o teor médio de amido encontrado em folhas de *Spondias tuberosa* Arruda, 5.91% e 5.26%, nas estações seca e chuvosa, respectivamente (Tabela 4), segue a tendência de concentração desse carboidrato na maioria das árvores de regiões tropicais. Analisando o conteúdo de amido em 87 espécies de árvores tropicais adultas, Poorter e Kitajima (2007), descobriram que somente 2 indivíduos apresentaram concentração de amido com valores acima de 10%, no entanto, muitas espécies podem apresentar grande variação no conteúdo. Os mesmos autores encontraram valores que variaram nas espécies *Cupania cinerea* (Sapindaceae) de 5% no teor de amido a 17% em *Ocotea* sp (Lauraceae). Resultados semelhantes, quanto às variações, Marengo et al. (2001) encontraram nas espécies amazônicas *Dypterix odorata* (Leguminosae) e *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) 12% e 20%, respectivamente, de concentração de amido nas folhas de indivíduos jovens ao serem cultivadas sob alto índice de irradiância.

Esta constatação pode estar relacionada a diferentes estratégias e características fenológicas desenvolvidas pelas plantas, as da Caatinga apresentam diversas adaptações fisiológicas às condições de estresse hídrico a que são submetidas. Em espécies decíduas como *Spondias tuberosa* Arruda, a concentração de amido após a estação chuvosa, detectado neste estudo, permite que esse carboidrato seja mobilizado posteriormente na estação seca para manutenção de suas necessidades de sobrevivência.

Observa-se neste estudo que a quantificação de glicose em *Spondias tuberosa* Arruda, mesmo apresentando diminuição não muito acentuada na estação chuvosa (Tabela 4), indica que a concentração desse carboidrato também pode ocorrer durante a estação chuvosa para posterior utilização na estação seca, sendo uma estratégia da espécie, haja vista que sob deficiência hídrica, parte dos carboidratos dispostos no citoplasma são utilizados na ativação dos mecanismos de tolerância à seca. Por outro lado, durante a época chuvosa, quando há disponibilidade adequada de água, as plantas podem ter menos necessidade de produzir grandes quantidades de açúcares. Nesse caso, os teores de glicose nos vegetais podem diminuir.

A concentração de glicose presente nos períodos de observação, possivelmente está ligada ao fato de que as plantas se utilizam de açúcares redutores como a frutose e a glicose para a realização de suas funções metabólicas, bem como para a formação e emissão de brotações vegetativas e floríferas, após o período de seca. De modo que, quando elas apresentam teores elevados de açúcares redutores, concomitantemente aumenta o número de ráceros florais; e quando se observa menor crescimento das plantas, significa que a relação fonte-dreno aumentou, pois, a síntese de açúcares e o armazenamento do fluxo destes assimilados podem promover maior floração e frutificação em função da sua disponibilidade para as plantas (KALIL et al., 1999).

Muitas plantas adaptadas a ambientes áridos e semiáridos são asseguradas por um sistema radicular diferenciado contendo intumescências redondas de consistência esponjosa, caracterizadas por um aumento no desenvolvimento do tecido parenquimatoso conhecidas como túberas ou xilopódios, cuja função é armazenar água, açúcares solúveis, amido, minerais e outros solutos vitais para nutrição deste vegetal durante os longos períodos de estiagem (LINS NETO et al., 2010). O estresse pela seca desencadeia adaptações fisiológicas e morfológicas em toda a planta, levando à redução do crescimento, ausência de folhas na estação seca e a presença de órgão de armazenamento de carboidratos.

Neste trabalho, o fato de os teores de glicose não terem variado significativamente entre as estações pode estar ligado à presença dessas estruturas adaptativas de armazenamento, o amido armazenado pode estar sendo degradado e a glicose sendo mobilizada para as funções metabólicas vitais. Antes da senescência foliar, a espécie caducifólia *Cenostigma pyramidale* mobilizou intensa assimilação de carboidratos não estruturais principalmente nas folhas (45%) e raízes (44%), com apenas 11% nos caules. Este aumento no teor de carboidratos não estruturais da raiz durante os níveis progressivos de seca sugere que este órgão pode ser o principal local de armazenamento, o que pode permitir que a planta sobreviva à estação seca e também tenha reservas para brotação de folhas no início da próxima estação chuvosa (SANTOS et al., 2021).

O teor máximo de glicose observado neste estudo foi de 4,86% na estação chuvosa e 4,35% na estação seca (Tabela 4). Pesquisadores afirmam que consideráveis modificações nos teores de açúcares redutores são observadas ao longo do amadurecimento de frutos climatéricos, os quais aumentam após a colheita e durante o armazenamento devido à biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos. Depois de amadurecidos, os teores destes açúcares em frutos decrescem devido ao consumo pela respiração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

O metabolismo de carboidrato solúvel na forma de sacarose também foi avaliado quanto a variação sazonal em *Spondias tuberosa* Arruda. De um modo geral as concentrações médias de sacarose observadas nesta pesquisa foram de 2,31% e 1,87% nas estações seca e chuvosa, respectivamente, apresentando diferença significativa nos períodos avaliados.

As variações no teor de carboidratos solúveis de sacarose encontradas neste estudo, revelam que as plantas podem possuir mecanismos adaptativos ao tolerarem as condições estressantes, o que parece ser o caso de *Spondias tuberosa* Arruda, hipótese esta de que a relação entre a produção de carboidratos solúveis e as trocas gasosas é modulada por condições edafoclimáticas na região de estudo dessa espécie. Além disso, os açúcares acumulados constituem-se de uma estratégia fundamental para aumentar a tolerância ao déficit hídrico, pois atuam em mecanismos osmóticos compensando a escassez de água e eliminando de espécies reativas de oxigênio (REGIER et al., 2009).

Durante o período de estudo a precipitação mensal foi inferior a 100 mm. Nos meses em que se efetuou as coletas de dados houve precipitação de 94,4 mm em maio/2020 e 0 (zero) em janeiro/2021. Em relação à temperatura, houve pouca variação durante o período na área de estudo, chegando a 32 °C de máxima nos meses de coleta de dados (Figura 1).

O teor de umidade no solo decresceu e a espécie sofreu déficit hídrico, ou seja, na estação seca, com diferenças significativas para a estação chuvosa. O percentual de umidade máxima variou tanto na profundidade do solo de 0-20 cm quanto na profundidade de 20-40 cm, apresentando diferenças na ordem de 49,57% e 42,2%, respectivamente (Tabela 5).

Esse decréscimo de umidade no solo na estação seca em relação à chuvosa, foi acompanhado pelo teor de umidade relativa na folha (URF) atingindo média de 21,67% (Tabela 5), sendo uma resposta direta da diminuição da precipitação e do teor de umidade no solo. Prado e Casali (2006) indicam que o estado excelente de hidratação dos tecidos vegetais está acima de 85% e considera valores abaixo desse patamar como prejudiciais ao seu desenvolvimento e crítico quando chega a 50%, podendo levar os tecidos à morte. Entretanto, existem espécies xerófilas que podem atingir valor inferior e não ocorrer a morte dos tecidos, a exemplo do que foi encontrado nesta pesquisa.

Tabela 5. Variáveis ambientais edáficas medidas em duas estações, seca e chuvosa, umidade do solo e parâmetros ambientais foliares.

Estação									
Variável	Unid.	$\bar{X}$	Seca		$\bar{X}$	Chuvosa		teste t	P-valor
			Min.	Max.		Min.	Max.		
Umidade do solo 0-20 cm	%	1.454	0	3.53	2.984	0	7	46.935	>0,001
Umidade do solo 20-40 cm	%	1.145	0	2.89	2.948	0.901	5	71.612	>0,001
Índice de área foliar (IAF)	-	4.123	1.97	5.73	3.111	2.510	4.74	-38.756	0.001
Manchas de sol (%)	%	17.891	0	56.25	11.825	0	95.8	-1.152	0.2636
Den.fluxo.fótons fotossintéticos (DFFF)	μmol m ⁻² s ⁻¹	260.461	31.5	732.3	109.37	12.37	418.87	-36.831	0.0016
Índ.área foliar de rad.fotossint.ativa – PAR LAI (PL)	-	4.235	0.62	30.7	3.778	1.810	5.96	-0.3114	0.7589
Temperatura da folha	°C	30.529	26.4	33.8	30.811	27.701	34.108	0.4270	0.6741
Umidade relativa na folha	%	21.671	20.1	23.4	46.310	33.636	58.541	18.488	>0,001
Déficit de pressão de vapor na folha	kPa	1.636	0.1	2.8	1.461	0.453	2.814	-0.9815	0.3387

Pesquisas têm sido efetuadas com empregos metodológicos variados a fim de verificar a relação entre a redução na disponibilidade de água para as plantas e a umidade relativa na folha, sendo que as respostas encontradas variam de acordo com a espécie vegetal estudada. Em trabalho realizado com *Cordia oncocalyx*, espécie da Caatinga popularmente chamado de pau-branco, Mendes et al. (2013) avaliaram o comportamento em duas estações (chuvosa e seca) e detectaram uma redução no teor relativo de água na folha (TRAf) na estação seca, caindo de 70% na estação chuvosa para 50% na seca. Já Chen et al. (2010) analisando a espécie *Hevea brasiliensis*, seringueira, constataram pequena redução no TRAf na estação seca quando comparado à estação chuvosa, valor em torno de 70%.

A manutenção da umidade relativa na folha se traduz em um importante indicador do grau de hidratação das células e do tecido foliar, sendo um fator crucial para o ótimo funcionamento fisiológico da planta como o controle estomático (GORAI et al., 2010). Os resultados das medições no presente trabalho, apontam redução da umidade relativa da folha em média de 53,3% na estação seca, conforme observado na Tabela 5.

A densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (DFFF) diminuiu na estação chuvosa em comparação à estação seca. Examinando medidas médias de DFFF ao longo das épocas estudadas, observou-se que entre a estação seca ($260.461 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e chuvosa ($109.37 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), ocorreu redução em torno de 58% de DFFF (Tabela 5).

Nos meses de dezembro e janeiro, caracterizados climaticamente como estação seca da região, ocorreram as maiores DFFF, devido à cobertura de nuvens e precipitação ser menor do que na estação chuvosa, além de ser a estação em que o sol se encontra próximo do zênite local.

Os maiores valores foram encontrados na estação seca, sendo de $732.337 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, enquanto que na estação chuvosa alcançou $418.87 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 5).

A DFFF é outro fator climático que está diretamente relacionado com a taxa fotossintética das plantas e, conseqüentemente, exerce influência direta sobre o seu crescimento e desenvolvimento (PROCÓPIO et al. 2003). Para Vilani et al. (2007), a radiação solar é essencial, pois, é um dos fatores, dentre outros, que determina a distribuição espacial das espécies, dinâmica das florestas, produção de biomassa.

A diminuição da DFFF observada na estação chuvosa (Tabela 5), possivelmente tem a ver com a precipitação e constante presença de nebulosidade os quais atuam como elemento espalhador e atenuante da radiação solar, exercendo grande influência na incidência de radiação solar à superfície. Na região onde foi realizado os estudos, os maiores volumes de precipitação aconteceram nos meses de fevereiro a maio (Figura 1) e nesse período observou-se redução na DFFF (Tabela 5). E na estação seca os índices pluviométricos chegaram a uma média aproximada de zero, época em que a atmosfera se encontra com poucas nuvens, conseqüentemente pouca nebulosidade, o que proporciona maiores incidências de radiação solar. Foi nesse período que foi registrado maior DFFF no presente trabalho, fato registrado por Echer et al. (2001), quando perceberam que a radiação solar em condições de céu claro é pouco atenuada, quando comparada com condições de céu encoberto, mesmo estando totalmente ou parcialmente.

O uso eficiente da DFFF pelas plantas, depende, além de sua disponibilidade, da sua capacidade de interceptá-la em seu dossel, que fará diferença na produção de biomassa (RUIZ e BERTERO, 2008). No presente trabalho não foi feito a correlação de conversão de DFFF e a produção de fitomassa para avaliar taxa de crescimento, produtividade de frutos, entre outros. O que se observa é uma semelhança entre o quantitativo máximo de DFFF e o índice de área foliar, os quais foram maiores na estação seca em relação à estação chuvosa (Tabela 5), que possivelmente está associada ao baixo desempenho fotossintético das plantas, apesar da melhor distribuição de luz no dossel ocorrida nesse período, as folhas por apresentarem células menores, menos espaços intercelulares e paredes celulares de maior espessura, reduzem a difusão do CO_2 no interior e conseqüentemente a capacidade fotossintética (CABRAL et al., 2018).

O índice de área foliar de radiação fotossinteticamente ativa (PAR LAI/PL) seguiu a mesma tendência de diminuição na estação chuvosa comparando-se à estação seca, pois, é na estação seca que a atmosfera se encontra com menor nebulosidade, ou seja, pouca cobertura de nuvens, como também onde se registra as maiores incidências de radiação solar. Sabe-se que,

quanto maior o índice de área foliar (IAF), maior é a quantidade de DFFF interceptada, no entanto, a radiação solar em condição de céu claro é pouco atenuada, quando comparada com condições de céu encoberto (parcialmente ou totalmente), o que justifica a redução do PL em média de 10,79% no período chuvoso.

Não houve diferença significativa na temperatura da folha (TF). Observou-se uma pequena diminuição de valor máximo na estação seca em comparação a estação chuvosa, em torno de 0,9% ou 0,3 °C; tendência que foi acompanhada pelo déficit de pressão de vapor da folha (DPVF), importante fator que afeta a condutância estomática. O valor máximo observado no DPVF no período chuvoso foi 2,814 kPa, enquanto que no período seco foi 2,8 kPa, redução de 0,49%.

A temperatura foliar medida em umbuzeiros, seguiu a tendência de resposta semelhante ao DPVF, não apresentando diferença significativa entre as estações chuvosa e seca. Os valores de temperatura foliar apresentaram médias de 30,5 °C e 30,8 °C nas estações seca e chuvosa, respectivamente.

Estudos têm demonstrado que as variações na temperatura da folha são influenciadas por eventos como deficiência hídrica, condutância estomática, entre outros. Para Silva et al. (2004), o aumento da temperatura da folha em plantas quando submetidas a deficiência hídrica está relacionado ao aumento da resistência difusiva, controlado predominantemente pela diminuição da condutância estomática em consequência da diminuição do conteúdo de água disponível no solo ou do aumento do déficit de pressão de vapor. Resultado não condizente com o encontrado no presente trabalho, pois, mesmo havendo redução da disponibilidade hídrica, em torno 49,5% (Tabela 5) no solo na estação seca, e uma diminuição média de 95,5% na condutância estomática (Tabela 2), não houve diferença significativa de temperatura da folha na estação seca (Tabela 5).

Observa-se no resultado deste estudo que a temperatura foliar máxima de 33,8 °C e 34,1 °C nas estações seca e chuvosa (Tabela 5), mantiveram-se acima das temperaturas do ar nos mesmos períodos, variando entre 27 °C e 30 °C (Figura 1). Isto leva ao entendimento que espécies vegetais existentes no bioma Caatinga como o umbuzeiro, desenvolvem características especializadas para suportar condições de estresse temporário, sendo que algumas podem resistir mais ou menos que outras à desidratação.

Seguindo a linha de resultados, o déficit de pressão de vapor na folha (DPVF) é uma variável importante envolvendo o movimento da condutância estomática, sendo este o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas superiores terrestres, pois, é através dos

estômatos que ocorre o influxo de dióxido de carbono (CO_2), necessário ao processo fotossintético e ao crescimento das plantas.

A resposta da condutância estomática em relação ao $\text{DPV}_{(\text{folha-ar})}$ é um importante fator observado em relação à quantidade de água utilizada por *Spondias tuberosa* Arruda neste estudo, onde o valor máximo obtido em déficit de pressão de vapor na folha na estação seca (2,8 kPa), se manteve inalterado na estação chuvosa (2,81 kPa) (Tabela 5), apesar da acentuada redução da umidade do solo e da condutância estomática (Tabela 5 e Tabela 2), observada. Em pesquisa realizada com *Zea mays* sob condição de baixa disponibilidade hídrica no solo e elevado DPVF , Lopes et al. (2009) detectaram redução na condutância; resultado semelhante foi encontrado por Araújo et al. (2010), quando avaliaram o comportamento de *Pennisetum purpureum* Schum submetido ao déficit hídrico. Tais fatos não se assemelham com os resultados encontrados neste estudo, pois a espécie estudada manteve o DPVF com pouca alteração no período de deficiência hídrica, ou seja, na estação seca, sugerindo maior capacidade de resfriamento foliar e, principalmente, por apresentar sistema radicular especializado formado por raízes longas, espalhadas horizontalmente, próximas à superfície do solo, com túberas (xilopódios) que se caracterizam como intumescências, providas de tecido lacunoso e celulósico, cuja principal função é o armazenamento de água, minerais e outros solutos importantes para a manutenção de um balanço hídrico favorável, sob condições de deficiência hídrica (LIMA FILHO, 2001).

Já em relação à umidade relativa na folha (URF), observou-se uma redução acentuada na estação seca. Sabe-se que a folha é o componente da planta com maior conteúdo de umidade e onde ocorrem as maiores perdas de água sob a forma de vapor, no processo chamado transpiração principalmente através dos estômatos e hidatódios. A redução da umidade na folha atingiu 60,02% na estação seca em comparação à estação chuvosa (Tabela 5).

O movimento da água no interior da folha vegetal para o exterior é caracterizado como transpiração, sendo o déficit de pressão de vapor a força motriz para a transpiração. O déficit de pressão de vapor é definido pela diferença entre a saturação de pressão de vapor na folha e a pressão de vapor real de água exterior à folha, portanto, quanto maior o déficit de pressão de vapor, mais água sai da folha. Entende-se que, se a difusão de água da folha for mais alta que a taxa de absorção de água no solo, a planta inteira pode entrar em estresse hídrico, razão esta que leva as plantas a regularem a abertura dos estômatos para evitar a desidratação com o aumento do déficit de pressão de vapor, especialmente quando esse for alto (SANTOS et al., 2018; BRUM et al., 2018; RODRIGUEZ-ZACCARO; GROOVER, 2019). No presente trabalho não houve correlação da redução da transpiração na estação seca com o déficit de

pressão de vapor. Isso provavelmente demonstra que, quando não há deficiência hídrica, acontece a regulação da abertura estomática, as quais são abertas durante o dia, fechadas a noite, haja vista que à noite não há fotossíntese e, portanto, nenhuma demanda por gás carbônico dentro da folha, a abertura estomática mantém-se pequena, impedindo a perda desnecessária de água.

2.4 Análise de componentes principais

Na ordenação por análise de componentes principais (ACP) de umbuzeiro, foram utilizados dois componentes principais (CP1=38,7%) e (CP2=12,81%), acumulando 51,51% da variância total (Figuras 4 e 5). Os rótulos indicam as características com os maiores valores de autovetores nos eixos 1 e 2 do ACP, e aqueles com as pontuações mais altas são apresentados mais próximos dos eixos.

O primeiro componente está relacionado à processos de fotossíntese foliar, especificamente, as variáveis que mais contribuíram para o primeiro componente principal (CP1) foram A (14,05%), E (13,70%), EiC (13,45%), que por sua vez estiveram associados com a proporção de folhas em plantas de umbuzeiro (12,81%) (Figura 4).

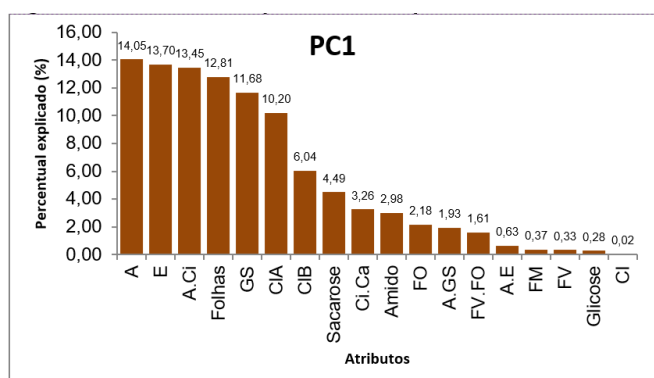


Figura 3 – Percentual de fotossíntese (A), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), proporção de folhas (%), condutância estomática (Gs), clorofila a (CIA), clorofila b (CIB), sacarose, razão entre concentração intercelular de carbono e carbono ambiental (Ci/Ca), amido, fluorescência inicial (Fo), eficiência intrínseca no uso da água (A/gs), razão entre fluorescência variável e fluorescência inicial (Fv/Fo), eficiência instantânea do uso da água (A/E), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), glicose, concentração intercelular de carbono (Ci) dos atributos avaliados no primeiro componente principal (CP1).

O segundo componente principal (CP2), esteve mais associado à dinâmica do carbono intercelular e a eficiência do uso da água, especificamente, tem-se Ci (27,97%), Ci/Ca (22,55%), A/E (18,08%) e A/gs (13,56%) (Figura 5), observando-se diferença entre os grupos de variáveis pela ANOVA a 1% de probabilidade e confirmado pelo teste de Tukey ($P=0,05\%$) entre as estações seca e chuvosa. Na análise de ACP, utilizando os dois eixos mais importantes,

é possível visualizar dois grupos distintos formados pelos atributos ecofisiológicos de plantas de *Spondias tuberosa* Arruda em épocas distintas (Figura 6).

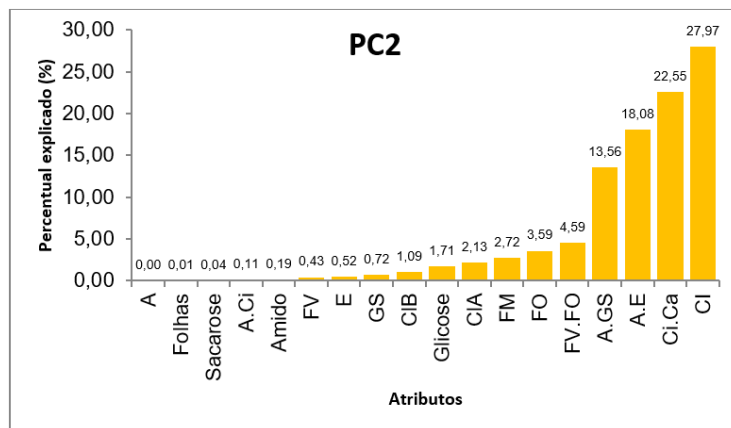


Figura 4 – Percentual de concentração intercelular de carbono (Ci), razão entre concentração intercelular de carbono e carbono ambiental (Ci/Ca), eficiência instantânea do uso da água (A/E), eficiência intrínseca no uso da água (A/gs), razão entre fluorescência variável e fluorescência inicial (Fv/Fo), fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), clorofila a (CIA), glicose, clorofila b (CIB), condutância estomática (Gs), transpiração (E), fluorescência variável (Fv), amido, eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), sacarose, proporção de folhas (%), fotossíntese (A) dos atributos avaliados no segundo componente principal (CP2).

As figuras estilizadas indicam os extremos de concentração intercelular de CO₂, eficiência do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água (Figura 5).

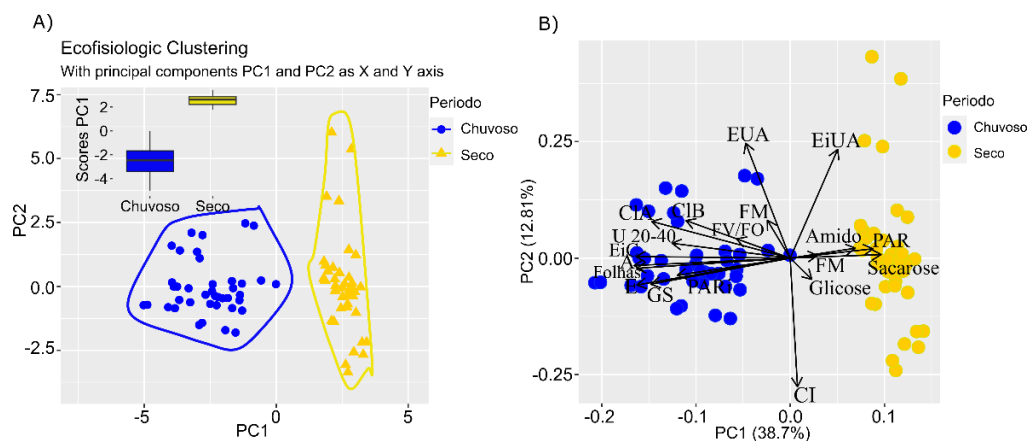


Figura 5 – Ordenação por análise de componentes principais (PCA) de umbuzeiros com base em duas características ecofisiológicas e ambientais. As mesmas coordenadas foram apresentadas em ambos os gráficos, no primeiro é visível a formação de dois grupos separados pela estação seca e chuvosa, confirmado pelo teste de Tukey a $p=0,05$ de probabilidade (A). Os rótulos indicam as características com os maiores valores de autovetores nos eixos 1 e 2 do PCA (B). Fotossíntese (A), transpiração (E), eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci), proporção de folhas (%), condutância estomática (Gs), clorofila a (CIA), clorofila b (CIB), sacarose, razão entre concentração intercelular de carbono e carbono ambiental (Ci/Ca), amido, fluorescência inicial (Fo), eficiência intrínseca no uso da água (A/gs), razão entre fluorescência variável e fluorescência inicial (Fv/Fo), eficiência instantânea do uso da água (A/E), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fv), glicose, concentração intercelular de carbono (Ci)

2.5 CONCLUSÕES

1. As plantas de umbuzeiro avaliadas neste estudo possuem mecanismos adaptativos ao tolerarem as condições estressantes de déficit hídrico impostas pela sazonalidade, face as poucas variações no teor de glicose da estação seca para a estação chuvosa, e na acumulação nos teores de amido e sacarose na estação seca para posterior mobilização a fim de manter as suas necessidades de sobrevivência.
2. Verificou-se diminuição da clorofila b mais acentuada que a clorofila a, sugerindo que esta foi mais afetada pelo estresse hídrico.
3. As plantas de umbuzeiro revelaram boa eficiência intrínseca no uso da água tendo em vista as baixas taxas de condutância estomática verificadas na estação seca.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE-LIMA, D. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-53, 1981.
- ARAÚJO, C. S. F.; SOUSA, A. N. de. Estudo do processo de desertificação na Caatinga: uma proposta de educação ambiental. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 975-986. 2011.
- ARAÚJO, F. P.; SANTOS, C. A. F. Substituição de copa do umbuzeiro por algumas espécies do gênero *Spondias*. In: REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 27., 2004, Petrolina. **Anais...** Petrolina: SBB; Embrapa Semi-Árido; UNEB, 2004. 1 CD-ROM.
- ARAÚJO, S. A. C.; VASQUEZ, H. M.; CAMPOSTRINI, E.; NETTO, A. T.; DEMINICIS, B. B.; LIMA, É. S. Características fotossintéticas de genótipos de capim-elefante anão (*Pennisetum purpureum* Schum.), em estresse hídrico. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 1-7, 2010.
- ARÉVALO-MARIN, E.; FARIAS LIMA, J. R.; PALMA, A. R. T.; LUCENA, R. F. P.; DA CRUZ, D.D. Traditional Knowledge in a Rural Community in the Semi-Arid Region of Brazil: Age and gender patterns and their implications for plant conservation. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 14, p. 331-334, 2015.
- BABANI, F.; LICHTENTHALER, H. K. Light-induced and age-dependent development of chloroplasts in etiolated barley leaves as visualized by determination of photosynthetic pigments, CO₂ assimilation rates and different kinds of chlorophyll fluorescence ratios. **Journal Plant Physiology**, v. 148, p. 555-566, 1996.
- BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.
- BARBOSA, L.; PORTO, S.; BERTOLDE, F. Análise estomática de duas espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica. **Pindorama**, v. 8, n. 8, p. 1–9, 2018.
- BASTOS, J. S.; MARTINEZ, E. A.; SOUZA, S. M. A. Características físico-químicas da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Camara) comercial: Efeito da concentração. **Journal of Bioenergy and kFood Science**, v. 3, n. 1, p. 11-16, 2016.
- BATISTA, F. R. C.; SILVA, M. M. A.; ARAÚJO, V. S. **Uso sustentável do umbuzeiro: estratégia de convivência com o semiárido**. Campina Grande: INSA, 2015.
- BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R.; O umbuzeiro e o semiárido brasileiro; Campina Grande: INSA, 2015. 72p. Disponível: < <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/O%20Umbuzeiro%20e%20o%20Semi%C3%A1rido%20brasileiro.pdf> > Acesso em: 27 de outubro de 2020.
- BERRY, J. A.; BEERLING, D. J.; FRANKS; P. J. Stomata: key players in the earth system, past and present. **Current Opinion in Plant Biology**, v.13, n. 3, p. 232-239, 2010.

- BERTAMINI, M.; ZULINI, L.; MUTHUCHELIAN, K.; NEDUNCHEZHIAN, N. Low night temperature effects on photosynthetic performance on two grapevine genotypes. **Biologia Plantarum**, v.51, n. 2, p. 381-385, 2007.
- BLOOM, A. J.; CHAPIN, F. S.; MOONEY, H. A. Resource limitation in plants – an economic analogy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, p. 363-392, 1985.
- BRESTIC, M.; ZIVCAK, M., KALAJI, H. M.; CARPENTIER, R. Suleyman I Allakhverdiev Photosystem II thermostability in situ: environmentally induced acclimation and genotype-specific reactions in *Triticum aestivum*. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 57, p. 93-105, 2012.
- BRUM, M.; GUTIÉRREZ, L. J.; ASBJORNSEN, H.; LICATA, J.; PYPKER, T.; SANCHEZ, G.; OIVEIRA, R. S. ENSO effects on the transpiration of eastern Amazon trees. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 373, n. 1760, p. 20180085, 2018.
- CABRAL, R. D. C.; MELO JUNIOR, J. C. F.; MATILDE-SILVA, M. Plasticidade morfoanatômica foliar em *Smilax campestris* (Smilacaceae) em gradiente ambiental de Restinga, SC, Brasil. **Hoehnea**, v. 45, n. 2, p. 173–183, 2018.
- CABRERA, J. C. B.; HIRL, R. T.; SCHÄUFELE, R.; MACDONALD, A.; SCHNYDER, H. Stomatal conductance limited the CO₂ response of grassland in the last century. **BMC biology**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12915-021-00988-4>. Acesso em abril/2022.
- CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society And Development**, v. 10, n. 15, p. 4-11, 2021.
- CARVALHO, P. E. R. Influência da intensidade luminosa e do substrato no crescimento, no conteúdo de clorofila e na fotossíntese de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. subsp. *canjerana*, *Calophyllum brasiliense* Camb. E *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart. ex Benth., na fase juvenil. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1996. 157p. Tese Doutorado.
- CASTANHO, A. D. A.; COE, M. T.; BRANDO, P.; MACEDO, M. BACCINI, A.; WALKER, W.; ANDRADE, E. M. Potential shifts in the aboveground biomass and physiognomy of a seasonally dry tropical forest in a changing climate. **Environmental Research Letters**, v. 15, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab7394>.
- CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Levantamento da produção de xilopódios e os efeitos de sua retirada sobre a frutificação e persistência de plantas nativas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda). **Ciência Agrotecnologia**, v. 26, n. 5, 2006.
- CAVALCATI, N. B.; RESENDE, G. Ocorrência de xilopódio em plantas nativas de imbuzeiro. **Caatinga**, v. 19, n. 3, p. 287-293, 2006.
- CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. **Annals of Botany**, v. 89, p. 907- 916, 2002.

- CHEN, J. W.; ZHANG, Q.; LI, X. S.; CAO, K. F. Gas exchange and hydraulics in seedlings of *Hevea brasiliensis* during water stress and recovery. **Tree Physiology**, v. 30, p. 876-885, 2010.
- CHITARRA, I. M. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e Manuseio**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005. p. 235-267.
- DONATO, S. L. R.; FONSECA, N.; GONÇALVES, N. P.; MACHADO, C. F.; MATOS, F. S.; SATURNINO, E. M.; RODRIGUES, M. G. V. Práticas de cultivo do umbuzeiro. **Informe agropecuário**, v. 40, n. 307, p. 65-79, 2019.
- DRYFLOR. Plant diversity patterns in neotropical dry forests and their conservation implications. **Science**, v. 353, n. 6306, p. 1383–1387, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aaf5080>.
- DUTRA, F. V.; CARDOSO, A. D.; MORAIS, O. M.; VIANA, A. E. S.; MELO, T. L.; CARDOSO JÚNIOR, N. S. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 140-149, 2017.
- ECHER, E.; SOUSA M. P.; SCHUCH, N. J. The beer's law applied to the earth's atmosphere. **Revista Brasileira de Física**, v.23, n.3, p.276-283, 2001.
- FANG, Z.; BOUWKAMP, J.C.; SOLOMOS, T. Chlorophyllase activities and chlorophyll degradation during leaf senescence in non-yellowing mutant and wild type of *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of Experimental Botany**, v. 49, p. 503-510, 1998.
- FERNANDES, M. F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L. P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. **Journal of Arid Environments**. v. 174, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104079>.
- FERRARO, A.; SCREMIN-DIAS, E. Structural features of species of Asteraceae that arouse discussions about adaptation to seasonally dry environments of the Neotropics. **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 1, p. 113-127, 2018.
- FERRI, M. G. **Ecologia Geral**. Itatiaia, Belo Horizonte, 1980, 72 p.
- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. de; SANTOS, D. **Evapopluviogramas do Estado da Paraíba**. Campina Grande. EDUFPG, 2018. E-book.
- GALON, L.; TIRONI, S. P.; ROCHA, A. A.; SOARES, E. R.; CONCENÇO, G.; ALBERTO, C. M. Influência dos fatores abióticos na produtividade da cultura do milho. **Revista Trópica-Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, n. 3, p. 18-38, 2010.
- GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. Fotografias hemisféricas em estudos microclimáticos: Referencial teórico-conceitual e aplicações. **Ciência e Natura**, v. 36, Ed. Especial, 2014, p. 215–221.
- GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The Epigenome and Transcriptional Dynamics of Fruit Ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, n. 1, p. 61–84, 2017.

GORAI, M.; HACHEF A.; NEFFATI, M. Differential responses in growth and water relationship of *Medicago sativa* (L.) cv. Gabès and *Astragalus gombiformis* (Pom.) under water-limited conditions. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 22, n. 1, p. 01-12, 2010.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. 2012. The Analysis of Multivariate In: Gotelli NJ, Ellison AM (eds). A primer of ecological statistics. Sinauer Associates, Sunderland, pp 383-406.

HASNAT, G. N. T.; HOSSAIN, M. K. **Global Overview of Tropical Dry Forests**. In book: Handbook of Research on the Conservation and Restoration of Tropical Dry Forests, p.1-23, 2020. DOI: 10.4018/978-1-7998-0014-9.ch001.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo. Editora da Universidade de Brasília, 1972, 466 p.

HUSSON, F.; JOSSE J. L. S. et al. 2017. FactoMineR: multivariate exploratory data analysis and data mining. R Development Core Team. [2019-05-13].

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p. 49-50.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/cubati/panorama>>. Acesso em: maio de 2022.

KALIL, G. P. C.; TERRA, M. M.; FILHO, A. N. K.; MACEDO, J. L. V.; PIRES, E. J. P. Anelamento e ácido giberélico na frutificação da uva ‘Maria’ sem sementes. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 2, p. 1-15, 1999.

KIILL, L. H. P. **Bioma Caatinga**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/introducao>. Acesso em 06/05/2023.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. p. 341-419.

LICHTENTHALER, H. K.; LANGOSDORF, G.; LENH, S.; BUSCHMANN, C. Chlorophyll fluorescence imaging of photosynthetic activity with the flash-lamp fluorescence imaging system. **Photosynthetica**, v. 43, n. 3, p. 355-369, 2005.

LIMA FILHO, J. M. P. Internal water relations of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 3, p. 518-521, 2001.

LIMA FILHO, J. M. P. Water status and gás Exchange of umbu plants (*Spondia tuberosa* Arr. Cam.) propagated by seeds and stems cuttings. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 355, 2007.

LIMA FILHO, J.M.P.; SILVA, C.M.M. de S. Aspectos fisiológicos do umbuzeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 10, p.1091-1094, 1988.

LIMA FILHO. J. M. P. Gas exchange of the umbu tree under semi-arid conditions. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 206-208, 2004.

LIMA, M. A. C.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, V. R. Umbu – *Spondias tuberosa*. **Exotic Fruits**, v. 1, n. 1, p. 427–433, 2018.

LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge and management of Umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): an endemic species from the semi–arid region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v. 64, n. 1, p. 11-21, 2010.

MACHADO, E. C.; SCHMIDT, P. T.; MEDINA, C. L.; RIBEIRO, R. V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1161-1170, 2005.

MAIA, G. N. **Caatinga**: árvores e arbustos. Ed. Leitura e Arte, São Paulo, 2004, 354-363 p.
MARENCO, R. A.; GONÇALVES, J. F.; VIEIRA, G. Leaf gas exchange and carbohydrates in tropical trees differing successional status in two light environments in central Amazonia. **Tree Physiology**, v. 21, p. 1311-1318, 2001.

MEDRANO, H.; FLEXAS, J.; GALMÉS, J. Variability in water use efficiency at the leaf level among Mediterranean plants with different growth forms. **Plant Soil**, v. 317, n. 1, p. 17-29, 2009.

MENDES, M. M. S.; LACERDA, C. F.; CAVALCANTE, A. C. R.; FERNANDES, F. É. P.; OLIVEIRA, T. S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1342-1350, 2013.

MENDES, R. M. S.; TÁVORA, F. J. A. F.; PITOMBEIRA, J. B.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Relações fonte-dreno em feijão-de-corda submetido à deficiência hídrica. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 95-103, 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Caatinga. Disponível em: <
<https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga>>. Acesso: maio de 2022.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revisio of spondias L. (Anacardiaceae) in the neotropics. **PhytoKeys**, n. 55, p. 1, 2015.

MORO, M. F.; LUGHADHA, E. N.; LILER, D. L.; ARAÚJO, F. S.; MARTINS, F. R. A catalogue of the vascular plants of the Caatinga Phytogeographical Domain: a synthesis of floristic and phytosociological surveys. **Phytotaxa**, v. 160, n. 1, 2014, doi: 10.11646/phytotaxa.160.1.1.

MOURA, F. T.; SILVA, S. M.; SCHUNEMANN, A. P. P.; MARTINS, L. P. Frutos do umbuzeiro armazenados sob atmosfera modificada e ambiente em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 764-772, 2013.

MOUSTAKA, M; OUZOUNIDOU, G.; LANNOYER, R. Aluminum effects on photosynthesis and elemental uptake in an aluminum-tolerant and non-tolerant wheat cultivar. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.669-683, 1995.

MSUYA, T. S.; KIDEGHESHO, J. S.; MOSHA, T. C. E. Availability, preference, and consumption of indigenous forest foods in the Eastern Arc Mountains, Tanzania. **Ecology of food and Nutrition**, v. 49, p. 208-227, 2010.

NASCIMENTO, J. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**. Universidade Estadual de Santa Cruz, 2009.

NASCIMENTO, T. V. C.; NOGUEIRA, D. M.; CAVALCANTE, N. B. Productive performance and parasitological control of kids supplemented with umbu fruits (*Spondia tuberosa* Arruda). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 17, n. 3, p. 520-528, 2016.

NEVES, L. C.; TOSIN, J. M.; BENEDETTE, R. M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Postharvest nutraceutical behaviour during ripening and senescence of 8 highly perishable fruit species from the orthern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, v. 174, n. 10, p.188-196, 2015.

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

NUNES, E. N.; GUERRA, N. M.; ARÉVALO-MARIN, E.; ALVES, C. A. B.; NASCIMENTO, V. T.; CRUZ, D. D.; LADIO, A. H.; SILVA, S. M.; OLIVEIRA, R. S.; LUCENA, R. F. P. Local Botanical Knowledge native food plants in the semi-arid region of Brazil. **Journal of ethnobiology and ethnomedicine**, v. 14, n. 49, p. 1-13, 2018.

OLIVEIRA, V. R.; SANTOS, C. A. F.; SOUZA, N. C. E.; DRUMOND, M. A. Recursos Genéticos. p. 82-116. In: Drumond, M. A.; Aidar, S. T.; Nascimento, C. E. S.; Oliveira, V. R. (Org.). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. 1ed.Petrolina: Embrapa, 2016.

PADILHA, P. M.; ZAMBUZZI, W. F; CASTRO, G. R. **O estresse das plantas: teoria e prática**. São Paulo: Editora Unesp, 2017, 194 p.

PAGANO, M. C.; ZANDAVALLI, R. B.; ARAÚJO, F. S. Biodiversity of arbuscular mycorrhizas in three vegetational types from the semiarid of Ceará State, Brazil. **Applied Soil Ecology**, v. 67, p. 37-46, 2013. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.02.007>.

PAODJUENAS, R.; COSTA, G. M.; NUNES, E. N.; PAULINO, F. O.; LUCENA, R. F. P. Conhecimento tradicional e usos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) por comunidades rurais do semiárido paraibano, Nordeste do Brasil. **Ethnoscientia**, v. 4, n. 1, p. 1-13, 2019.

PEIXOTO, C. P. **Curso de Fisiologia Vegetal**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011. 177 p.

PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L. **Planejamento e Implantação de Pomar**. Aprenda Fácil Editora, 2ed., 2018, 187 p.

PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, C. A.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal of Plant Physiology**, v.157, n. 5, p. 513-520, 2000.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusa ou metabólica? In: NGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005, 500 p.

POORTER, H.; NIINEMETS, Ü.; NTAGKAS, N.; SIEBENKÄS, A.; MÄENPÄÄ, M.; MATSUBARA, S.; PONS, T. A meta-analysis of plant responses to light intensity for 70 traits ranging from molecules to whole plant performance. **New Phytologist**, v.223, p.1073-1105, 2019.

POOTER, L.; KITAJIMA, K. Carbohydrate storage and light requirements of tropical moist and dry forest tree species. **Ecology**, v. 88, n. 4, p. 1000-1011, 2007.

PRADO, C. H. B. A.; CASALI, C. A. **Fisiologia vegetal: práticas em relações hídricas, fotossíntese e nutrição mineral**. 1.ed., Editora Manole, 2006.

PRADO, D. E. As Caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (ed.) **Ecologia e conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

PROCÓPIO, S. O.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A.; COSTA, L. C. Desenvolvimento foliar das culturas da soja e do feijão e de plantas daninhas. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, p. 207- 211, 2003.

REGIER, N.; STREB, S.; COCOZZA, C.; SCHAUB, M.; CHERUBINI, P.; ZEEMAN, S. C.; FREY, B. Tolerância à seca de dois clones de choupo negro (*Populus nigra* L.): contribuição de carboidratos e defesa contra o estresse oxidativo. **Plant Cell Environ**, v. 32, p. 1724–1736, 2009.

REID, D.M.; BEALL, F.D.; PHARIS, R.P. Environmental Cues in Plant Growth and Development. In: STEWARD, F.C. (Ed.). **Plant Physiology**. San Diego: Academic Press Inc. 1991. Volume X: Growth and Development. p. 65-181.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F. Early photosynthetic responses of sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v.62, p.167-173, 2003.

RODRIGUEZ -ZACCARO, F. D.; GROOVER, A. Wood and water: How trees modify wood development to cope with drought. **Plants, People, Planet**, v. 1, n. 4, p. 346-355, 2019.

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

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

RUIZ, R. A.; BERTERO, H. D. Light interception and radiation use efficiency in temperate quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. **European Journal of Agronomy**, v. 29, n. 1, p. 144-152, 2008.

SAIJO, Y.; LOO, E. P. I. Plant immunity in signal integration between biotic and abiotic stress responses. **New Phytologist**, v. 225, p. 87-104, 2020.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. de. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero *Spondias* com base em marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 731-735, 2008.

SANTOS, M. G.; RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; PIMENTEL, C. Photosynthetic parameters and leafwater potential of five common beans genotypes under mildwater deficit. **Biologic Plantarum**, v. 53, n. 2, p. 229-236, 2009.

SANTOS, M. A.; TROGELLO, E.; VIEIRA, D. A.; RODRIGUES, R. E.; RIBEIRO, A. C. L.; MODOLO, A. J.; BAESSO, M. M. Simulação de desfolhas em diferentes estádios vegetativo na cultura da soja. **Colloquium Agrariae**. v. 14, n. 2, p. 191-197, 2018.

SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, M. T.; FIGUEIREDO, K. V.; FALCÃO, H. M.; ARRUDA, E. C. P.; ALMEIDA-CORTEZ, J.; SAMPAIO, E. V. S. B.; OMETTO, J. P. H. B.; MENEZES, R. S. C.; OLIVEIRA, A. F. M.; POMPELLI, M. F.; ANTONINO A. C. D. Caatinga, the Brazilian dry tropical forest: can it tolerate climate changes?. **Theoretical and Experimental Plant Physiology**, v. 26, p. 83-99, 2014.

SANTOS, M.; BARROS, V.; LIMA, L.; FROSI, G.; SANTOS, M. G. Whole plant water status and non-structural carbohydrates under progressive drought in a Caatinga deciduous woody species. **Trees**, v. 35, p. 1257-1266, 2021.

SCANLON, B.R.; HEALY, R.W.; COOK, P.G. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. **Hydrogeology Journal**, v. 10, p. 18-39, 2002.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 113-120, 2018.

SILVA, E. C.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; AZEVEDO NETO, A. D.; 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, F. G. da; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M. de; FILGUEIRAS, L. M. B.; A. MELO, S. de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 946-952, 2015.

SILVA, P. C. G. et al. **Caracterização do Semiárido brasileiro**: fatores naturais e humanos. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/Win10/Downloads/CAPITULO-01-PEDRO-GAMA-final.pdf>. Acesso em 11/02/2023.

SOUZA, E. R.; RIBEIRO, V. G.; DANTAS, B. F.; LIMA-FILHO, J. M. P. Variação de carboidratos em folhas da videira 'Itália' submetida a diferentes de níveis de desfolhas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 535-539, 2013.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática**. 3ed. Instituto Plantarum. Nova Odessa, 2012.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.104, p. 236–257, 2011.

TABARELLI, M.; VICENTE, A. Lacunas de conhecimento sobre as plantas lenhosas da caatinga. In: **Vegetação e flora da caatinga**. Recife: Ed. da UFPE, 2002. p. 25-35.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, 954 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGUER, E. **Fisiologia vegetal**. 6. ed. Porto Alegre, 2016, 954p.

TEZARA, W.; MITCHELL, V. J.; DRISCOLL, S. D.; LAWLOR, D. W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**, v. 401, p. 914-917, 1999.

TROVÃO, D.M.B.M.; FERNANDES, P. D.; ANDRADE, L.A.; DANTAS NETO, J. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.3, p. 307–311, 2007.

VELLINI, A. L. T. T.; PAULA, N. F. ;ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, L. C.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Respostas fisiológicas de diferentes clones de eucalipto sob diferentes regimes de irrigação. **Revista Árvore**, v.32, n. 4, p. 651-663, 2008.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o bioma caatinga**. Recife: APNE; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

VILANI, M. T.; SANCHES, L.; COSTA, M. H.; GAIO, D. C.; NOGUEIRA, J. S.; Estimativa da absortância da radiação fotossinteticamente ativa de uma vegetação de transição floresta Amazônica-cerrado por três métodos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. v. 15, n. 3, p. 289-298, 2007.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. **Methods in Ecology and Evolution**, v.1, n.1, p.3-14, 2009.

ANEXO – Normas da Revista Ciência Agronômica

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ATENÇÃO: As normas da Revista Ciência Agronômica podem sofrer alterações, portanto não deixe de consultá-las antes de fazer a submissão de um artigo. Elas são válidas para todos os trabalhos submetidos neste periódico. Um modelo de formatação do artigo pode ser visto em “MODELO ARTIGO” no endereço <http://www.ccarevista.ufc.br>.

1. POLÍTICA EDITORIAL

A Revista Ciência Agronômica destina-se à publicação de **artigos científicos e artigos técnicos que sejam originais e que não foram publicados ou submetidos a outro periódico, inerentes às áreas de Ciências Agrárias e Recursos Naturais**. Os artigos poderão ser submetidos nos idiomas português, inglês ou espanhol. **Se aprovado o artigo deverá ser traduzido e publicado em inglês**. A RCA exige que a tradução seja feita por alguma empresa especializada. A contratação da empresa e tradução para o inglês é custeada pelos autores e quando devolverem a versão traduzida na fase de edição devem encaminhar também uma declaração da empresa responsável pelo serviço realizado. Abaixo indicamos as empresas:

- Academic-Editing-Services.com (<http://www.academic-editing-services.com/>)
- American Journal Express (<http://www.journalexperts.com/>)
- American Manuscript Editors (<http://americanmanuscripteditors.com/>)
- Bioedit Scientific Editing (<http://www.bioedit.co.uk/>)
- BioMed Proofreading (<http://www.biomedproofreading.com>)
- Edanz (<http://www.edanzediting.com>)
- Editage (<http://www.editage.com.br/>)
- Elsevier (<http://webshop.elsevier.com/languageservices/>)
- Enago (<http://www.enago.com.br/forjournal/>)
- JournalPrep (<http://www.journalprep.com>)
- Proof-Reading-Service.com (<http://www.proof-reading-service.com/pt/>)
- Publicase (<http://www.publicase.com.br/formulario.asp>)
- Queen's English (<http://www.queensenglishediting.com/>)
- Stephen Hocker (email@stephenhocke.com.br)
- STTA - Serviços Técnicos de Tradução e Análises (<http://stta.com.br/servicos.php>)

Os trabalhos submetidos à RCA serão **avaliados preliminarmente pelo Comitê Editorial** e só então serão enviados para pelo menos dois (2) revisores da área e publicados, somente, se aprovados por eles e pelo Comitê Editorial. A publicação dos artigos serão baseadas na originalidade, qualidade e mérito científico, **cabendo ao Comitê Editorial a decisão final do aceite**. O sigilo de identidade dos autores e revisores será mantido durante todo o processo. A administração da revista tomará o cuidado para que os revisores de cada artigo sejam, obrigatoriamente, de instituições distintas daquela de origem dos autores. **O artigo que apresentar mais de oito autores não terá a sua submissão aceita pela Revista Ciência Agronômica, salvo algumas condições especiais (ver Autores)**. Não serão permitidas mudanças nos nomes de autores *a posteriori*.

2. CUSTO DE PUBLICAÇÃO

O custo é de **R\$ 60,00 (sessenta reais) por página editorada** no formato final. No ato da submissão é **requerido um depósito de R\$ 100,00 (cem reais) não reembolsáveis**. Se o trabalho for rejeitado na avaliação prévia do Comitê Editorial, a taxa paga não poderá ser reutilizada para outras submissões dos autores. O comprovante de depósito ou transferência deve ser enviado ao e-mail da RCA (ccarev@ufc.br). Os depósitos ou transferências deverão ser efetuados em nome de:

CETREDE CIENCIA AGRONOMIC

Banco do Brasil: Agência bancária: **1702-7** - Conta corrente: **46.375-2**

CNPJ: **07.875.818/0001-05**

As opiniões emitidas nos trabalhos são de exclusiva responsabilidade de seus autores. A Revista Ciência Agronômica reserva-se o direito de adaptar os originais visando manter a uniformidade da publicação. A RCA não mais fornece separatas ou exemplares aos autores.

1. A concordância com a declaração de responsabilidade de direitos autorais;
2. Que o autor que fizer a submissão do trabalho **cadastre todos os autores no sistema**;
3. Identificação do autor de correspondência com endereço completo.

3. FORMATAÇÃO DO ARTIGO

* **DIGITAÇÃO:** no máximo 30 páginas digitadas em espaço duplo (exceto Tabelas), fonte Times New Roman, normal, tamanho 12, recuo do parágrafo por 1 cm. Todas as margens deverão ter 2,5 cm. As linhas devem ser numeradas de forma contínua.

* **ESTRUTURA:** o trabalho deverá obedecer à seguinte ordem: título, título em inglês,

resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências.

* **TÍTULO:** deve ser escrito com apenas a inicial maiúscula, em negrito e centralizado na página com no **máximo 15 palavras**. Como chamada de rodapé numérica, extraída do título, devem constar informações sobre a **natureza do trabalho** (se extraído de tese/dissertação, se pesquisa financiada, somente quando aprovado para publicação) e referências às instituições colaboradoras. Os subtítulos: Introdução, Material e métodos, Resultados e discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências devem ser escritos em caixa alta, em negrito e centralizados.

* **AUTORES:** na primeira versão do artigo submetido, os nomes dos autores e a nota de rodapé deverão ser omitidos. Somente na versão final do artigo deverá conter o nome de todos os autores com identificação em nota de rodapé. Os nomes completos (sem abreviaturas) deverão vir abaixo do título, somente com a primeira letra maiúscula, um após outro, separados por vírgula e centralizados na linha. Como nota de rodapé na primeira página, deve-se indicar, de cada autor, afiliação completa (departamento, centro, instituição, cidade, estado e país), endereço eletrônico e endereço completo do autor correspondente. O autor de correspondência deve ser identificado por um "*". **Só serão aceitos artigos com mais de oito autores, quando, comprovadamente, a pesquisa tenha sido desenvolvida em regiões distintas (diferentes).**

* **RESUMO e ABSTRACT:** devem começar com estas palavras, na margem esquerda, em caixa alta e em negrito, contendo no máximo **250 palavras**.

* **PALAVRAS-CHAVE e KEY WORDS:** devem conter entre três e cinco termos para indexação. Os termos usados não devem constar no título. Cada **palavra-chave e key word** deve iniciar com letra maiúscula e ser seguida de ponto.

* **INTRODUÇÃO:** deve ser compacta e objetiva contendo citações atuais que apresentem relação com o assunto abordado na pesquisa. As citações presentes na introdução devem ser empregadas para fundamentar a discussão dos resultados, criando, assim, uma contextualização entre o estudo da arte e a discussão dos resultados. Não deve conter mais de **550 palavras**.

* **CITAÇÃO DE AUTORES NO TEXTO:** a NBR 10520/2002 estabelece as condições exigidas para a apresentação de citações em documentos técnico-científicos e acadêmicos. Nas citações, quando o sobrenome do autor, a instituição responsável ou título estiver incluído na sentença, este se apresenta em letras maiúsculas/minúsculas, e quando estiverem entre parênteses, em letras maiúsculas.

Ex: Santos (2002) ou (SANTOS, 2002); com dois autores ou três autores, usar Pereira e Freitas (2002) ou (PEREIRA; FREITAS, 2002) e Cruz, Perota e Mendes (2000) ou (CRUZ; PEROTA; MENDES, 2000); com mais de três autores, usar Xavier *et al.* (1997) ou (XAVIER *et al.*, 1997).

* **VÁRIOS AUTORES CITADOS SIMULTANEAMENTE:** havendo citações indiretas de diversos documentos de vários autores mencionados simultaneamente e que expressam a mesma ideia, separam-se os autores por ponto e vírgula, **em ordem alfabética**, independente do ano de publicação.

Ex: (FONSECA, 2007; PAIVA, 2005; SILVA, 2006).

* **SIGLAS:** quando aparecem pela primeira vez no texto, deve-se colocar o nome por extenso, seguido da sigla entre parênteses.

Ex: De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) [...].

* **TABELAS:** devem ser numeradas consecutivamente com algarismos arábicos na parte superior. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem ser usadas para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma no final da tabela. Cada dado deve ocupar uma célula distinta. Usar espaço simples. Não usar negrito ou letra maiúscula no cabeçalho.

* **FIGURAS:** gráficos, fotografias ou desenhos levarão a denominação geral de **Figura** sucedida de numeração arábica crescente e legenda na parte superior. Para a preparação dos gráficos deve-se utilizar “softwares” compatíveis com “Microsoft Windows”. As figuras devem apresentar 8,2 cm de largura, não sendo superior a 17 cm. A fonte Times New Roman, corpo 10 e não usar negrito na identificação dos eixos. A Revista Ciência Agronômica reserva-se ao direito de não aceitar tabelas e/ou figuras com o papel na forma “paisagem” ou que apresentem mais de 17 cm de largura. **Tabelas e Figuras devem ser inseridas logo após a sua primeira citação. Obs.:** As figuras devem ser também enviadas em arquivos separados e com RESOLUÇÃO de no mínimo 500 dpi através do campo “Transferir Documentos Suplementares”.

* **EQUAÇÕES:** devem ser digitadas usando o editor de equações do Word, com a fonte Times New Roman. As equações devem receber uma numeração arábica crescente. O padrão de tamanho deverá ser:

Inteiro = 12 pt

Subscrito/sobrescrito = 8 pt

Sub-subscrito/sobrescrito = 5 pt

Símbolo = 18 pt

Subsímbolo = 14 pt

*** ESTATÍSTICA:**

1. Caso tenha realizado análise de variância, apresentar o "F" e a sua significância;
2. Dados quantitativos devem ser tratados pela técnica de análise de regressão;
3. Apresentar a significância dos parâmetros da equação de regressão;
4. Dependendo do estudo (ex: função de produção), analisar os sinais associados aos parâmetros.
5. É requerido, no mínimo, quatro pontos para se efetuar o ajuste das equações de regressão.
6. Os coeficientes do modelo de regressão devem apresentar o seguinte formato:

$$y = a + bx + cx^2 + \dots;$$

7. O Grau de Liberdade do resíduo deve ser superior a 12.

*** CONCLUSÕES:** quando escritas em mais de um parágrafo devem ser numeradas.

*** AGRADECIMENTOS:** logo após as conclusões poderão vir os agradecimentos direcionados a pessoas ou instituições, em estilo sóbrio e claro, indicando as razões pelas quais os faz.

*** REFERÊNCIAS:** são elaboradas conforme a ABNT NBR 6023/2002. Inicia-se com a palavra REFERÊNCIAS (escrita em caixa alta, em negrito e centralizada). Devem ser digitadas em fonte tamanho 12, espaço duplo e justificadas. **UM PERCENTUAL DE 60% DO TOTAL DAS REFERÊNCIAS DEVERÁ SER ORIUNDO DE PERIÓDICOS CIENTÍFICOS INDEXADOS COM DATA DE PUBLICAÇÃO INFERIOR A 10 ANOS. Não são contabilizadas neste percentual de 60% referências de livros. Não serão aceitas nas referências citações de Resumos, Anais, Comunicados Técnicos, Monografias, Dissertações e Teses.** Com relação aos periódicos, é dispensada a informação do local de publicação, porém os títulos não devem ser abreviados. Recomenda-se um total de 20 a 30 referências.

Alguns exemplos:

- Livro

NEWMANN, A. L.; SNAPP, R. R. **Beef cattle**. 7. ed. New York: John Willey, 1977. 883 p.

- Capítulo de livro

MALAVOLTA, E.; DANTAS, J. P. Nutrição e adubação do milho. *In*: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1987. cap. 13, p. 539-593.

- Artigo de revista

XAVIER, D. F.; CARVALHO, M. M.; BOTREL, M. A. Resposta de *Cratylia argentea* à aplicação em um solo ácido. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, n. 1, p. 14-18, 1997.

ANDRADE, E. M. *et al.* Mapa de vulnerabilidade da bacia do Acaraú, Ceará, à qualidade das águas de irrigação, pelo emprego do GIS. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 280-287, 2006.

* **UNIDADES e SÍMBOLOS:** As unidades e símbolos do Sistema Internacional adotados pela Revista Ciência Agronômica.

Grandezas básicas	Unidades	Símbolos	Exemplos
Comprimento	metro	m	
Massa	quilograma	kg	
Tempo	segundo	s	
Corrente elétrica	amper	A	
Temperatura termodinâmica	Kelvin	K	
Quantidade de substância	mol	mol	
Unidades derivadas			
Velocidade	---	m s ⁻¹	343 m s ⁻¹
Aceleração	---	m s ⁻²	9,8 m s ⁻²
Volume	metro cúbico, litro	m ³ , L*	1 m ³ , 1 000 L*
Frequência	Hertz	Hz	10 Hz
Massa específica	---	kg m ⁻³	1.000 kg m ⁻³
Força	newton	N	15 N
Pressão	pascal	Pa	1,013.10 ⁵ Pa
Energia	joule	J	4 J
Potência	watt	W	500 W
Calor específico	---	J (kg °C) ⁻¹	4186 J (kg °C) ⁻¹
Calor latente	---	J kg ⁻¹	2,26. 10 ⁶ J kg ⁻¹
Carga elétrica	coulomb	C	1 C
Potencial elétrico	volt	V	25 V
Resistência elétrica	ohm	Ω	29 Ω
Intensidade de energia	Watts/metros quadrado	W m ⁻²	1.372 W m ⁻²
Concentração	mol/metro cúbico	mol m ⁻³	500 mol m ⁻³
Condutância elétrica	siemens	S	300 S
Condutividade elétrica	desiemens/metro	dS m ⁻¹	5 dS m ⁻¹
Temperatura	grau Celsius	°C	25 °C
Ângulo	grau	°	30°
Porcentagem	---	%	45%

Números mencionados em sequência devem ser separados por ponto e vírgula (;). Ex: 2,5; 4,8; 25,3.

4. LISTA DE VERIFICAÇÃO - REVISTA CIÊNCIA AGRONÔMICA

Visando a maior agilidade no processo de submissão de seu artigo, o Comitê Editorial da Revista Ciência Agronômica, elaborou uma lista de verificação para que o autor possa conferir toda a formatação do manuscrito de sua autoria, **ANTES** de submetê-lo para publicação. A lista foi elaborada de acordo com as normas da Revista Ciência Agronômica. Respostas **NEGATIVAS** significam que seu artigo ainda deve ser adaptado às normas da revista e a submissão de tais artigos implicará na sua devolução e retardo na tramitação. Respostas **POSITIVAS** significam que seu artigo está em concordância com as normas, implicando em maior rapidez na tramitação.

A. Referente ao trabalho

1. O trabalho é original?
2. O trabalho representa uma contribuição científica para a área de Ciências Agrárias?
3. O trabalho está sendo enviado com exclusividade para a Revista Ciência Agronômica?

B. Referente à formatação

4. O trabalho pronto para ser submetido online está omitindo os nomes dos autores na versão Word?
5. O trabalho contém no máximo 30 páginas, está no formato A4, digitado em espaço duplo, incluindo as referências; fonte Times New Roman tamanho 12, incluindo títulos e subtítulos?
6. As margens foram colocadas a 2,5 cm, a numeração de páginas foi colocada na margem superior, à direita e as linhas foram numeradas de forma contínua?
7. O recuo do parágrafo de 1 cm foi definido na formatação do parágrafo? Lembre-se que a revista não aceita recuo de parágrafo usando a tecla “TAB” ou a “barra de espaço”.
8. A estrutura do trabalho está de acordo com as normas, ou seja, segue a seguinte ordem: título, título em inglês, resumo, palavras-chave, abstract, key words, introdução, material e métodos, resultados e discussão, conclusões, agradecimentos (opcional) e referências?
9. O título contém no máximo 15 palavras?
10. O resumo e o abstract apresentam no máximo 250 palavras?
11. As palavras-chave (key words) contém entre três e cinco termos, iniciam com letra maiúscula e são seguidas de ponto?
12. A introdução contém citações atuais que apresentam relação com o assunto abordado na pesquisa e apresenta no máximo 550 palavras?
13. As citações apresentadas na introdução foram empregadas para fundamentar a discussão dos resultados?
14. As citações estão de acordo com as normas da revista?
15. As tabelas e figuras estão formatadas de acordo com as normas da revista e estão inseridas logo em seguida à sua primeira citação? Lembre-se, não é permitido usar “enter” nas células que compõem a(s) tabela(s).
16. As tabelas estão no formato retrato?
17. As figuras apresentam boa qualidade visual?
18. As unidades e símbolos utilizados no seu trabalho se encontram dentro das normas do Sistema Internacional adotado pela Revista Ciência Agronômica?
19. Os números estão separados por ponto e vírgula? As unidades estão separadas do número por um espaço? Lembre-se, não existe espaço entre o número e o símbolo de %.
20. O seu trabalho apresenta entre 20 e 30 referências sendo 60% destas publicadas com menos de 10 anos em periódicos indexados?
21. Todas as referências estão citadas ao longo do texto?

22. Todas as referências citadas ao longo do texto estão corretamente descritas, conforme as normas da revista, e aparecem listadas?

C. Observações:

1. Lembre-se que **SE** as normas da revista não forem seguidas rigorosamente, seu trabalho não irá tramitar. Portanto, é melhor retardar o envio por mais alguns dias e conferir todas as normas. A consulta de um trabalho já publicado na sua área pode lhe ajudar a sanar algumas dúvidas e pode servir como um modelo (acesse aos periódicos no site <http://www.ccarevista.ufc.br/busca>).

2. Caso suas respostas sejam todas **AFIRMATIVAS** seu trabalho será enviado com maior segurança. Caso tenha ainda respostas **NEGATIVAS**, seu trabalho irá retornar retardando o processo de tramitação.

Lembre-se: A partir da segunda devolução, por irregularidade normativa, principalmente em se tratando das referências, o mesmo terá a submissão cancelada e **não haverá devolução da taxa de submissão**. Portanto é muito importante que os autores verifiquem cuidadosamente as normas requeridas pela Revista Ciência Agronômica.

3. Procure **SEMPRE** acompanhar a situação de seu trabalho pela página da revista (<http://ccarevista.ufc.br>) no sistema online de gerenciamento de artigos.

4. Esta lista de verificação não substitui a revisão técnica da revista, a qual todos os artigos enviados serão submetidos.