



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

BEATRIZ LIMA BARROS

TROCAS GASOSAS EM DIFERENTES ACESSOS DE UMBUZEIRO

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

BEATRIZ LIMA BARROS

TROCAS GASOSAS EM DIFERENTES ACESSOS DE UMBUZEIRO

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2022

Catálogo: Roberta Pinheiro Ferraz - CRB-5/1596
IFBaiano, Campus Guanambi

xxxx Barros, Beatriz Lima
Trocas gasosas em diferentes acessos de umbuzeiro. / Beatriz Lima
Barros. – Guanambi, BA., 2022.
25 f.: il.

Orientador: Alessandro de Magalhães Arantes.
Coorientador: Sérgio Luiz Rodrigues Donato.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no
Semiárido), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Baiano, Campus Guanambi, 2022.

1. *Spondias tuberosa*. 2. Correlação. 3. Ecofisiologia. 4. Genótipos.
I. Título.

CDU: xxx.xxx



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido

TERMO DE APROVAÇÃO

DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BEATRIZ LIMA BARROS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 14 horas 00 min. do dia 27 de junho de 2022 como requisito para a conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – *Campus* Guanambi. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Prof. Dr. Pedro Ricardo R.
Marques**

**Consultor Dra. Varley Andrade
Fonseca**

**Prof. Dr. Sérgio Luiz Rodrigues
Donato**

**Prof. Dr. Alessandro de M.
Arantes**

Membro

Orientador

Documento assinado eletronicamente por:

Sergio Luiz Rodrigues Donato, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/02/2023 11:30:20.

Pedro Ricardo Rocha Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/02/2023 10:18:34.

Varley Andrade Fonseca, Varley Andrade Fonseca - 222105 - Engenheiro agrícola - Jlc Viana Jr Consultoria e Representação

Veterinária Ltda (35767444000131) em 08/02/2023 17:48:16.

Alessandro de Magalhaes Arantes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/02/2023 17:43:29.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 08/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticardocumento/> e forneça os dados abaixo

Código Verificador: 404212

Código de Autenticação: 7e99fcaeca



AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, ao proporcionar forças e discernimento para que eu pudesse superar as adversidades com sabedoria.

Aos meus pais Climene Lima e Paulo Roberto, por todo incentivo que me fizeram chegar até aqui, em especial a minha mãe, que abraçou meu sonho e sempre acreditou em mim, fazendo o possível e impossível para que eu pudesse estudar. Você é minha fonte de inspiração diária.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Guanambi, pela oportunidade e suporte para a realização do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido.

Ao meu coorientador, Sérgio Donato, que é um profissional incrível, e por desenvolver com tanta maestria o ofício de ensinar e ao meu orientador Alessandro Arantes, pelo apoio, paciência e carinho. Ambos fizeram significativas contribuições para minha formação, tanto profissional, quanto pessoal.

À Joel, pela parceria na condução e manutenção do experimento, por tornar leve e agradável os dias quentes de trabalho, pelas risadas e pela amizade construída. À Ednei, por me incentivar nessa jornada, do início ao fim se fez presente.

Aos funcionários do Setor de Agricultura do IF Baiano, Seu Zé e Branco por serem sempre tão solícitos, em especial à Galego por ser tão zeloso e prestativo comigo.

À FAPESB, pela concessão da bolsa e proporcionando a condução do experimento durante esse período.

Enfim, a todos que contribuíram de uma forma direta ou indireta para que este trabalho fosse realizado e para minha formação.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	10
INTRODUÇÃO	10
MATERIAL E MÉTODOS	11
RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
CONCLUSÕES	21
AGRADECIMENTOS	21
REFERÊNCIAS	22

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas em acessos de umbuzeiro. O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado em esquema 5×7×2, com cinco acessos, BRS-68, EPAMIG-05, BGU-61, BGU-75 e BGU-50; sete épocas de avaliação em dois horários de leitura, 8h e 14h; em parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. O acesso de umbuzeiro BRS-68 apresenta maiores eficiência de carboxilação e fotoquímica, e associação entre eficiência da carboxilação e fotossíntese líquida. O aumento no déficit de pressão de vapor favorece a redução da condutância estomática para evitar a perda de água, afetando a transpiração do umbuzeiro e limitando a transpiração, eficiência de carboxilação e consequentemente da fotossíntese em condições de altas temperaturas e qualidade da radiação. A associação entre transpiração e condutância estomática é significativa positiva e de alta magnitude. A associação entre concentração interna de CO₂ e eficiência intrínseca do uso da água é significativa negativa e de alta magnitude.

Palavras-chave: *Spondias tuberosa*, correlação, ecofisiologia, genótipos.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the gas exchange in umbuzeiro accessions. The experiment was carried out in a completely randomized design in a 5×7×2 scheme (accessions BRS-68, EPAMIG-05, BGU-61, BGU-75 and BGU-50 × evaluation times × reading time – 8h and 14h) in plots subdivided in time, with three repetitions. The accession of umbuzeiro BRS-68 presents higher carboxylation and photochemical efficiency, and association between carboxylation efficiency and net photosynthesis. Umbuzeiro limits transpiration by reducing stomatal conductance under high vapor pressure deficit. In umbuzeiro, there is a limitation of the efficiency of carboxylation and photosynthesis due to high temperatures, a limitation of transpiration due to a decrease in stomatal conductance and a decrease in the quantum efficiency of photosynthesis due to the quality of radiation. The association between transpiration and stomatal conductance is positive and of high magnitude. The association between internal CO₂ concentration and intrinsic efficiency of water use is significant negative and of high magnitude.

Key words: *Spondias tuberosa*, correlation, ecophysiology, genotypes.

INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), uma árvore frutífera, xerófita, caducifólia, da família Anacardiaceae (Mertens et al., 2016), embora nativa e endêmica da Caatinga, também é afetada pelos estresses provocados pelas condições climáticas do Semiárido brasileiro, que pode

impactar severamente a produção (Menezes et al., 2017). Entretanto, adaptações morfofisiológicas características da espécie, como os xilopódios – para armazenamento de água e nutrientes que proporcionam ajuste osmótico, a alta resistência estomática, e a senescência e abscisão foliar durante a estação seca que permitem reduzir a transpiração e aumentar a eficiência do uso da água, contribuem para evitar o déficit hídrico (Lima et al., 2018; Dias et al., 2019; Silva et al., 2019; Pedrosa et al., 2020).

A susceptibilidade vegetal a níveis estressores de temperatura, intensidade luminosa e escassez hídrica precisa ser avaliada, a evitar, pelos extremos, a redução da capacidade produtiva. Essa susceptibilidade pode ser genotípica e identificada pela manutenção ou não das taxas das atividades fisiológicas, por exemplo, fotossíntese, transpiração quando diferentes acessos são submetidos à mesma condição ambiental estressante. Adaptações do meio externo podem ser estabelecidas a partir da observação do comportamento fisiológico, cujas respostas induzidas pelo ambiente endossam a compreensão das necessidades e prospectam melhorias no manejo da cultura (Silva et al., 2019; Santos et al., 2021).

Avaliar as trocas gasosas, por exemplo, permite caracterizar genótipos em ambientes de cultivo, por intermédio de respostas fisiológicas às condições locais, a estabelecer a variação genotípica e nortear a escolha do melhor acesso para a região. O efeito da interação entre trocas gasosas e as variações ambientais pode se correlacionar instantaneamente à produtividade (Arantes et al., 2016; Santos et al., 2021).

Deste modo, objetivou-se com este trabalho avaliar as trocas gasosas em acessos de umbuzeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na coleção de acessos de umbuzeiro do Instituto Federal Baiano, *campus* Guanambi, Bahia, sob coordenadas (14°17'32"S, 42°41'34"W, e altitude de 547 m), em Latossolo Vermelho-Amarelo (Oxysol). O clima é semiárido quente e seco, com estação seca bem definida no inverno e período chuvoso entre outubro e março. A precipitação média anual é de 665 mm e a temperatura média anual de 26 °C. Os dados meteorológicos registrados durante os dias e horários de leitura constam na Tabela 1.

Tabela 1. Temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$) e mínima ($T_{\text{mín}}$), umidade relativa média (UR), precipitação (P), evapotranspiração de referência (E_{To}), déficit de pressão de vapor (DPV), Radiação Solar Global (Rad.T), velocidade do vento média ($V_{\text{vento média}}$) e de rajada ($V_{\text{rajada máxima}}$) registradas nos dias e horários das mensurações fisiológicas realizadas em cinco acessos de umbuzeiros. Guanambi, BA.

Data	Horário	$T_{\text{máx}}$	$T_{\text{mín}}$	UR	P	E_{To}	DPV	Rad.T	$V_{\text{vento média}}$	$V_{\text{vento rajada}}$
		(°C)	(°C)	(%)	(mm h ⁻¹)	(mm h ⁻¹)	(kPa)	(MJ m ⁻² dia ⁻¹)	(m s ⁻¹)	(m s ⁻¹)
02/12/2020	8h	25,7	24,1	72,00	0,00	0,36	0,72	42,60	3,10	6,30
02/12/2020	14h	32,7	32,1	42,00	0,00	0,69	2,20	82,08	0,90	4,00
23/12/2020	8h	25,4	23,7	78,00	0,0	0,23	0,56	31,54	0,90	4,00
23/12/2020	14h	32,2	31,4	47,00	0,0	0,46	1,95	48,90	0,90	4,00
19/01/2021	8h	24,9	23,6	62,00	0,0	0,36	0,95	36,12	4,90	12,10
19/01/2021	14h	32,7	31,2	41,00	0,0	0,74	2,19	84,07	2,70	7,20
12/02/2021	8h	24,4	22,8	68,00	0,0	0,30	0,77	31,36	4,90	11,20
12/02/2021	14h	30,3	29,6	54,00	0,0	0,74	1,54	83,72	3,10	7,20
14/04/2021	8h	27,0	25,5	45,00	0,0	0,46	1,52	41,39	5,40	10,70
14/04/2021	14h	33,7	32,6	32,00	0,0	0,61	2,68	66,87	1,80	5,80
27/04/2021	8h	26,7	25,0	70,00	0,0	0,25	0,81	29,20	1,80	0,00
27/04/2021	14h	31,4	31,2	44,00	0,0	0,38	2,01	38,53	1,30	4,00
27/05/2021	8h	24,9	23,2	67,00	0,0	0,30	0,81	39,31	1,80	4,50
27/05/2021	14h	32,4	31,9	41,00	0,0	0,46	2,21	47,17	2,20	6,70

Fonte: Dados meteorológicos registrados na estação automática do Instituto Federal Baiano Campus Guanambi, instalada próxima a área experimental.

A coleção de acessos foi implantada em 2007, em quincênio, com espaçamento de 8 × 8 × 8 m. Práticas de manejo à cultura, como: adubações de cobertura no início e no final do período chuvoso; controle fitossanitário; roçagem no meio da estação chuvosa, após o término da safra e no início da estação seca; e podas ocasionais para remoção de brotos do porta-enxerto, estão em conformidade com as recomendações da literatura (Lima et al., 2018; Donato et al., 2019b; Souza et al., 2020).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com tratamentos dispostos em parcelas subdivididas no tempo, com três repetições. Cinco acessos de umbuzeiro de diferentes origens geográficas foram alocados nas parcelas: BRS-68 (EPAMIG-01, Lontra, MG), EPAMIG-05 (Porteirinha, MG), BGU-61 (Januária, MG), BGU-75 (Macaúbas, BA) e BGU-50 (Santana, BA); sete períodos de avaliação nas subparcelas: 02/12/2020, 23/12/2020, 19/01/2021, 12/02/2021, 14/04/2021, 27/04/2021 e 27/05/2021; e dois horários de leitura nas subsubparcelas: 8h e 14h. Foram mensuradas do período chuvoso até o início da estação seca (dezembro a maio) com precipitação média de 59 mm no período avaliado. As avaliações nas folhas ocorreram no terço médio da copa, entre o 3º e 5º par completamente expandidas, com um analisador de gás ao infravermelho (IRGA) modelo Lcpro⁺

®Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Limited, UK), com temperatura e irradiância ambiente, fluxo de ar de 200 ml min⁻¹ e com o escudo de radiação voltado para o sol (Arantes et al., 2016) as variáveis: radiação incidente na folha - Q_{leaf} (μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura foliar - T_{leaf} ($^{\circ}\text{C}$), concentração interna de CO_2 - C_i (μmol CO_2 mol^{-1}), condutância estomática - g_s (mol H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração - E (mmol H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); fotossíntese líquida - A (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); eficiência instantânea de uso da água - EUA (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mmol}$ H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); eficiência de carboxilação - A/C_i (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}/\mu\text{mol}$ CO_2 mol^{-1}), eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese - A/Q_{leaf} (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}/\mu\text{mol}$ fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência intrínseca do uso da água - A/g_s (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}/\text{mol}$ H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Os dados foram submetidos ao teste de Lilliefors e não apresentaram normalidade, portanto, foram aplicados testes não paramétricos de Wilcoxon (para amostras emparelhadas) e de Kruskal Wallis (para amostras independentes) a 5% de significância. Foram estimadas ainda, correlações de Pearson entre as 10 variáveis fisiológicas mensuradas considerando todos os acessos e por acesso com uso do SAEG – UFV®, versão 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis fisiológicas mensuradas nos acessos de umbuzeiro não apresentaram distribuição normal, portanto, foram submetidas à análises não paramétricas (Tabelas 2, 3 e 4).

A temperatura foliar (T_{leaf}), a concentração interna de CO_2 (C_i), a fotossíntese líquida (A), a eficiência instantânea de uso da água (EUA), a eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese (A/Q_{leaf}), a eficiência de carboxilação (A/C_i) e a eficiência intrínseca do uso da água (A/g_s) variaram entre os acessos pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de significância (Tabela 2).

Tabela 2. Características fisiológicas avaliadas em cinco acessos de umbuzeiro. Guanambi, BA.

Acessos	T_{leaf}	C_i	A	EUA	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
BRS-68	38,0 B	285,19 AB	7,67 A	2,10 A	0,0066 A	0,0275 A	48,10 A
Epamig-05	39,1 AB	297,46 B	6,57 AB	1,57 A	-0,0798 A	-0,1387 AB	39,87 A
BGU-61	40,4 A	364,04 A	5,57 B	0,41 B	-0,9912 B	-0,9326 B	11,77 A
BGU-75	40,4 A	332,87 AB	5,99 AB	0,67 B	-0,7313 AB	-0,7744 B	21,66 B
BGU-50	40,3 A	319,37 AB	5,88 AB	1,02 B	-0,7315 AB	-0,3724 B	24,26 B
Média	39,7	319,84	6,34	1,16	-0,51	-0,44	29,10
CV (%)	11,3	28,82	101,05	148,81	294,89	333,54	117,61

Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. T_{leaf} – temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); C_i – concentração interna de CO_2 (μmol CO_2 mol^{-1}); A – fotossíntese líquida (μmol CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A/E – eficiência instantânea de uso da água ($(\mu\text{mol}$ CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol}$ H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$); A/Q_{leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese ($(\mu\text{mol}$ CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol}$ fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$); A/C_i – eficiência de carboxilação ($(\mu\text{mol}$ CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol}$ CO_2 $\text{mol}^{-1})^{-1}$); A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água ($(\mu\text{mol}$ CO_2 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mol}$ H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$); CV: coeficiente de variação.

As variáveis radiação incidente na folha (Q_{leaf}), T_{leaf} , C_i , transpiração (E), condutância estomática (g_s), A , A/g_s , A/E , A/C_i e A/Q_{leaf} variaram entre as datas de avaliação (Tabela 3).

Tabela 3. Características fisiológicas avaliadas em cinco acessos de umbuzeiro em diferentes épocas de leitura entre 02 dez. 2020 e 27 mai. 2021. Guanambi, BA.

Variáveis	02 dez.	23 dez.	19 jan.	12 fev.	14 abr.	27 abr.	27 mai.	Médias	CV (%)
Q_{leaf}	1630,97 A	1368,98 B	1781,60 A	1085,97 B	1078,62 B	1106,10 B	1624,08 AB	1382,99	32,79
T_{leaf}	42,5 AB	38,6 B	44,7 A	39,9 B	36,2 B	35,7 BC	39,9 B	39,7	11,3
C_i	329,90 AB	296,13 C	335,33 B	231,52 D	393,42 A	299,97 C	352,27 AB	319,84	28,82
E	12,81 A	3,68 C	11,05 A	4,69 BC	0,83 D	5,95 B	2,05 D	5,86	86,92
g_s	0,7223 A	0,2105 C	0,3463 B	0,1447 C	0,0305 D	0,5400 AB	0,0588 D	0,29	105,62
A	8,09 B	8,00 B	3,50 C	5,97 BC	1,02 C	15,01 A	2,91 C	6,34	101,05
EUA	0,7202 B	2,0232 A	0,2903 B	1,1934 B	0,6986 B	2,6434 A	0,5413 B	1,16	148,81
A/Q_{leaf}	-0,1520 B	0,0060 B	-1,2765 C	-0,4875 B	-1,2287 C	0,0149 A	-0,4125 C	-0,51	294,89
A/C_i	-0,12832 B	0,0266 B	-1,0823 BC	-0,1987 BC	-0,7153 C	0,0502 A	-1,0159 C	-0,44	333,54
A/g_s	16,95 C	47,90 A	15,29 BC	44,51 A	18,94 B	32,41 B	27,79 B	29,10	117,61

Médias seguidas por letras iguais, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância. Q_{Leaf} – radiação incidente na folha (μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); T_{Leaf} – temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); C_i – concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$); E – transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); g_s – condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A – fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A/E – eficiência instantânea de uso da água ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$); A/Q_{Leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1})$); A/C_i – eficiência de carboxilação ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1})$); A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$); CV: coeficiente de variação.

Para essas variáveis, exceto para Q_{leaf} houve diferença entre horários de leitura conforme o teste de Wilcoxon a 5% de significância (Tabela 4).

Tabela 4. Características fisiológicas avaliadas em cinco acessos de umbuzeiro, em diferentes horários de leitura, e diferença percentual entre horários (Δ). Guanambi, BA.

Variáveis	8h	14h	Média	CV (%)	Δ (%)
T_{leaf}	37,0 B	42,3 A	39,7	11,3	14,58
C_i	296,92 B	342,65 A	319,84	28,82	15,40
E	5,26 B	6,47 A	5,86	86,92	22,95
g_s	0,3150 A	0,2706 B	0,29	105,62	-14,10
A	9,72 A	2,97 B	6,34	101,05	-69,40
EUA	1,9998 A	0,3144 B	1,16	148,81	-84,28
A/Q_{leaf}	0,0087 A	-1,0191 B	-0,51	294,89	-11854,44
A/C_i	0,0338 A	-0,9092 B	-0,44	333,54	-2793,07
A/g_s	40,02 A	18,24 B	29,10	117,61	-54,43

Médias seguidas por letras iguais não diferem a 5% de significância pelo teste de Wilcoxon; Q_{Leaf} – radiação incidente na folha (μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); T_{Leaf} – temperatura foliar ($^{\circ}\text{C}$); C_i – concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1}$); E – transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); g_s – condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A – fotossíntese líquida ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$); A/E – eficiência instantânea de uso da água ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$); A/Q_{Leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol fótons m}^{-2} \text{s}^{-1})$); A/C_i – eficiência de carboxilação ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol CO}_2 \text{mol}^{-1})$); A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água ($(\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})$); CV: coeficiente de variação.

Δ (8h-14h), representa a variação percentual da variável fisiológica, quando comparada as mensurações realizadas às 8h e 14h; (-) representam decréscimos e (+) acréscimos; CV: coeficiente de variação.

Registrou-se, para o acesso BRS-68, menor T_{leaf} , maiores A e A/C_i em comparação a BGU-61, BGU-75 e BGU-50, e junto com o acesso EPAMIG-05, maiores EUA , A/Q_{leaf} e A/g_s que BGU-61, BGU-75 e BGU-50, contudo, o BRS-68 foi o único acesso que manteve taxas positivas de A/C_i e A/Q_{leaf} (Tabela 2). Taxa de fotossíntese líquida maior no acesso BRS-68 foi constatada Silva et al. (2006). Isso pode ser uma característica associada aos acessos com frutos gigantes como infere Lima Filho e Aidar (2016) ou uma particularidade em vantagem competitiva do acesso BRS-68, pois não foi observada no acesso BGU-75 e BGU-50 que também apresentam frutos gigantes (Santos, 2018).

Os resultados sugerem influência da maior temperatura foliar registrada nos outros acessos na menor taxa de fotossíntese, sendo esse efeito provavelmente associado mais a problemas enzimáticos, corroborado pela menor eficiência de carboxilação. Temperaturas elevadas causam desnaturação de enzimas, provocam instabilidade proteica, causam desequilíbrio em taxas respiratórias, danos às estruturas moleculares e provocam mudança na atividade da enzima rubisco, a ativar fotorrespiração, por conversão da atividade de carboxilase para oxigenase, e reduzem a fotossíntese líquida (Arantes et al., 2016; Pino et al., 2019; Moore et al., 2021). Entretanto, a comprovação real demanda determinação da cinética enzimática, como taxa máxima de carboxilação da ribulose 1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), taxa fotossintética de transporte de elétrons, uso de triose fosfato, respiração diurna e a condutância do mesófilo (Shakey et al., 2007)

Os acessos BRS-68 e BGU-61 possuem origem geográfica próxima, Lontra, MG e Januária, MG, contudo, o BRS-68 evidenciou maior adaptabilidade ambiental pela menor T_{leaf} e maiores taxas de A , EUA , A/C_i , A/g_s e A/Q_{leaf} , variáveis intimamente relacionadas. Desses resultados supõe-se que geneticamente possuem adaptação ao meio e capacidade de conversão metabólica diferentes (Suaréz et al., 2021).

Referente à influência da data de leitura nas variáveis fisiológicas há muita variação (Tabela 3). Verifica-se que os acessos de umbuzeiro apresentaram maiores valores de Q_{leaf} e T_{leaf} nos dias 02/12/2021 e 19/01/2021, menores taxas de g_s e E nos dias 14/04/2021 e 27/05/2021, a g_s foi maior em 02/12/2020 que não diferiu de 27/04/2021 e E foi maior em 02/12/2020 e similar a 19/01/2021. C_i foi maior em 14/04/2021 que não diferiu de 02/12/2021 e 27/05/2021, enquanto A foi maior em 27/04/2021. EUA , A/Q_{leaf} e A/C_i foram maiores em 27/04/2022 e 23/12/2022, sendo os únicos dias de leitura que essas eficiências foram positivas. A/g_s foi maior em 23/12/2020 com similaridade ao valor registrado em 12/02/2020.

Os menores valores de E e g_s registrados nos dias 14/04/2021 e 27/05/2021, bem como as menores taxas de A , A/C_i e A/Q_{leaf} estão associados aos maiores valores de déficit de pressão de vapor (DPV) registrados nesses dias, sendo 2,68 kPa no dia 14/04/2021 e 2,21 kPa no dia

27/05/2021 e à elevação da temperatura (Tabela 2). A diferença entre a pressão exercida pela quantidade de vapor d'água no ar e a pressão máxima do ar saturado, para uma mesma temperatura associada a uma baixa umidade relativa do ar, resultou em altos valores de DPV.

Os valores de DPV indicam equilíbrio térmico entre a planta e o meio estudado por exercer influência sobre a regulação das trocas gasosas e ser relacionada intimamente ao déficit hídrico do solo, afetando a condutância estomática, fotossíntese, crescimento e a produtividade (Furtak; Nosalewicz, 2022; Turner, 1974). Em adição essas datas já caracterizam o início da estação seca na região e coincidem com estádios fenológicos de senescência acentuada e começo da abscisão do umbuzeiro, condição de menor presença e atividade metabólica das folhas (Donato et al., 2019a).

Essa condição meteorológica induz diminuição da condutância estomática e da transpiração no umbuzeiro como mecanismo de evite à perda de água, o que indica a adaptação do umbuzeiro ao Semiárido, pois os mecanismos morfofisiológicos para essa adaptação são senescência e abscisão foliar no período seco, presença de túberas nas raízes, o que permite a armazenagem de água e nutrientes, ajuste osmótico e alta resistência estomática das folhas.

Outrossim, ainda que muito baixa, a transpiração foi mantida, mesmos nas horas mais quentes do dia, a enaltecer a importância do xilopódio na estabilização do balanço hídrico da cultura. Inclusive, pode-se relacionar esse comportamento ao fato de que o umbuzeiro, uma espécie com mecanismo de fixação de carbono tipo C3, pode responder às condições ambientais com queda no ganho fotossintético sob circunstâncias de alta temperatura, devido à fotorrespiração (Treves et al., 2022; Williams et al., 2022).

Por conseguinte, nos dias 02/12/2020 e 19/01/2021, houve maiores Q_{leaf} e T_{leaf} , com elevação da g_s e da E e com queda na fotossíntese e na EUA, particularmente no dia 02/12/2020. Em função do período, em pleno verão na Região Nordeste, é comum registrar-se maiores valores de radiação solar e temperatura, o que estimula a transpiração como principal estratégia de troca de calor na planta.

Além disso, nessa época, pode haver possibilidade de pancadas de chuvas; o que justifica esse comportamento dos acessos, que pode ocorrer mesmo em plantas sob razoáveis condições de disponibilidade de água, devido a variações na temperatura e umidade relativa do ar durante o dia. Enquanto isso, a radiação incidente e a temperatura foliar mais baixas registradas em 27/04, destacam-se entre os outros dias, a demonstrar condição ambiental favorável às melhores taxas de fotossíntese, eficiências do uso da água, quântica e de carboxilação (Sexton et al., 2021).

Em relação à taxa de fotossíntese líquida (A), a maior foi registrada no dia 27/04, e o menor valor, em 14/04 que foi similar aos valores registrados em 19/01 e 27/05. Durante o dia

19/01, no verão, registrou-se aumento de temperatura divergente dos outros dias avaliados, condição favorável para o fechamento estomático, a evitar a perda de água. Nesses dias, observou-se aumento no DPV e redução na umidade relativa do ar, que associados ao aumento da radiação (Tabela 1), favoreceu a redução da g_s que conseqüentemente afetou a fotossíntese (Ramos et al., 2018; Shoa et al., 2021).

Umbuzeiros sob essas condições climáticas tendem ao aumento na demanda de evapotranspiração, que afeta os processos metabólicos e fisiológicos da planta, perceptíveis nas variações das características fisiológicas, em função do dia de avaliação e do horário de leitura. Enquanto isso, o menor valor foi obtido em 27/04, em condição meteorológica mais amena, com DPV mais baixo; que induz a maior conversão do substrato em fotossíntese líquida (Williams et al., 2022).

Subseqüente, o alto DPV da atmosfera do dia 14/04, proporcionou fechamento estomático e conseqüente aumento nos valores para concentração interna de CO_2 , similar aos dias 02/12 e 27/05; enquanto o menor valor foi observado em 12/02. Conseqüentemente, houve diminuição da eficiência fotossintética, a presumir que a planta diminuiu a atividade de carboxilação e passou a oxigenar; hipótese constatada ao observar as baixas taxas de fotossíntese líquida, durante esse período (Santos et al., 2021).

O período matutino apresentou melhores condições ambientais para que a planta expresse as maiores e melhores taxas, em vista da qualidade da luz, da temperatura amena, da maior umidade relativa do ar e, conseqüentemente, do menor déficit de pressão de vapor, que possibilitam maiores eficiências fotossintética e de carboxilação atestadas pelos maiores valores de g_s , A , EUA , A/Q_{leaf} , A/C_i e A/g_s (Tabela 4). Em contrapartida, a avaliação às 14 horas demonstrou maiores valores de T_{leaf} , C_i e altas taxas de E , a sugerir um mecanismo eficiente de defesa da planta ao estresse térmico naquele instante, ao utilizar a perda de calor latente. Ainda, a concentração interna de CO_2 mais alta no período da tarde, pode indicar menor eficiência de carboxilação da rubisco, atestada com baixo valor para esta variável (Santos et al., 2021; Suárez et al., 2021).

Valores de A foram significativamente maiores pela manhã, assim como a EUA , cuja redução entre horários se deve ao aumento da temperatura foliar, em função da elevação da temperatura do ar, que influi no maior DPV no período vespertino que, também, ocasionou o acréscimo das taxas de transpiração, a evidenciar a ativação do mecanismo de resfriamento da planta para reduzir o estresse térmico, mesmo sob baixa condutância estomática (Arantes et al., 2016; Coelho et al., 2021).

A redução das eficiências de carboxilação e fotossintética se deve, supostamente, ao aumento da temperatura foliar, resultante da elevada temperatura do ar, que propicia a ascensão

nas taxas de fotorrespiração, comprometimento funcional da membrana e restrição na atividade da carboxilase da rubisco, a reduzir a síntese de ATP e a diminuir a taxa de fotossíntese líquida. Esse comportamento também pode ser justificado pela qualidade da radiação durante a tarde, que implica em maior quantidade de energia não utilizável, o que favorece uma dissipação não fotoquímica (Furtak; Nosalewicz, 2022).

A radiação predominante às 8h apresenta comprimento de onda na faixa do vermelho e do vermelho distante, o que tende a favorecer o processo fotossintético; em contrapartida, as radiações a partir das 10h, predominantemente, possuem maior quantidade de energia, com potencial causador de fotoinibição (Arantes et al., 2016). Evidência cabal da alteração na qualidade da radiação é que para a mesma Q_{leaf} às 8h e 14h, dados não apresentados exatamente por serem similares estatisticamente, a variável com maior decréscimo percentual foi A/Q_{leaf} . A ordem decrescente de diminuição percentual entre horários foi A/Q_{leaf} , A/C_i , EUA, A/g_s , A e g_s evidenciando maiores reduções nas eficiências comparada às taxas.

As relações entre condutância estomática e transpiração, eficiência instantânea do uso da água e eficiência intrínseca do uso da água apresentaram correlação positiva significativa e de elevada magnitude (Tabela 5). O inverso ocorre com a correlação entre concentração interna de CO_2 e eficiência intrínseca do uso da água; ou seja, é significativa, de elevada magnitude e negativa.

Tabela 5. Correlações entre variáveis fisiológicas em cinco acessos de umbuzeiro. Guanambi, BA

Variáveis	Q_{leaf}	T_{leaf}	C_i	E	g_s	A	EUA	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
Q_{leaf}	–	0,5110**	0,2794**	0,2754**	0,0870*	-0,1157**	-0,28068*	-0,1765**	-0,1068*	-0,2487**
T_{leaf}		–	0,3099**	0,5840**	0,1815**	-0,5024**	-0,6686**	-0,4047**	-0,3388**	-0,4931**
C_i			–	-0,0101 ^{ns}	-0,0109 ^{ns}	-0,3890**	-0,6672**	-0,5968**	-0,4797**	-0,8635**
E				–	0,7999**	0,0958*	-0,1863**	-0,0557 ^{ns}	-0,0414 ^{ns}	-0,2786**
g_s					–	0,4447**	0,0415 ^{ns}	0,1097*	0,0817*	-0,2068**
A						–	0,6125**	0,5182**	0,4192**	0,3427**
EUA							–	0,6102**	0,5062**	0,7336**
A/Q_{leaf}								–	0,5496**	0,6635**
A/C_i									–	0,5259**
A/g_s										–

Q_{leaf} – radiação solar incidente na folha; T_{leaf} – temperatura foliar; C_i – concentração interna de CO_2 ; E – transpiração; g_s – condutância estomática; A – fotossíntese líquida; EUA – eficiência instantânea de uso da água; A/Q_{leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese; A/C_i – eficiência de carboxilação; A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água; CV: coeficiente de variação. **significativo a 1%, *significativo a 5% pelo teste t; ^{ns}não significativo.

As relações foram similares para ambos horários de avaliação (Tabela 6), positiva para as variáveis de transpiração e condutância estomática, e negativa entre a concentração interna de CO_2 e a eficiência intrínseca do uso da água. Às 8h, foi perceptível uma correlação entre

fotossíntese líquida e eficiência de carboxilação, e entre fotossíntese e condutância estomática, significativa, de elevada magnitude e positiva; com comportamento inverso à tarde. Entretanto, na avaliação realizada às 14h, observou-se uma correlação significativa, de elevada magnitude e negativa entre a concentração interna de CO₂ e a eficiência instantânea do uso da água.

Tabela 6. Correlações entre variáveis fisiológicas mensuradas em cinco acessos de umbuzeiro para dois horários de leitura, 8h e 14h. Guanambi, BA.

Variáveis	Horário 1 (8h)							
	Q _{leaf}	T _{leaf}	C _i	g _s	A/E	A/Q _{leaf}	A/C _i	A/g _s
C _i	0,0807*	-0,0103 ^{ns}	–	0,2627**	-0,3126	-0,305**	-0,4429**	-0,7061**
E	0,3356**	0,6727**	0,0057 ^{ns}	0,7200**	-0,2980**	0,2894**	0,5319**	-0,5265**
g _s	0,0395 ^{ns}	0,1197**	0,2627**	–	0,0636*	0,4587**	0,6037**	-0,6269**
A	0,0922*	0,0429 ^{ns}	-0,1926**	0,7572**	0,4511**	0,5957**	0,9561**	-0,1759**
Variáveis	Horário 2 (14h)							
	Q _{leaf}	T _{leaf}	C _i	g _s	A/E	A/Q _{leaf}	A/C _i	A/g _s
C _i	0,4134**	0,2761**	–	-0,0517*	-0,7070**	-0,5912**	-0,4573**	-0,8796**
E	0,2831**	0,6622**	-0,0481 ^{ns}	0,8685**	-0,1159**	-0,0179 ^{ns}	-0,0058 ^{ns}	-0,204**
g _s	0,1357**	0,3701**	-0,0517*	–	-0,0123 ^{ns}	0,1099**	0,0721*	-0,1317**
A	-0,3134**	-0,4797**	-0,3817**	0,3136**	0,5124**	0,5561**	0,4024**	0,3791**

Q_{Leaf} – radiação solar incidente na folha; T_{Leaf} – temperatura foliar; C_i – concentração interna de CO₂; E – transpiração; g_s – condutância estomática; A – fotossíntese líquida; EUA – eficiência instantânea de uso da água; A/Q_{Leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese; A/C_i – eficiência de carboxilação; A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água; CV: coeficiente de variação. **significativo a 1%, *significativo a 5% pelo teste t; ^{ns}não significativo.

Para cada par de variáveis, entre os acessos, observa-se diferença relativa à magnitude das correlações nos acessos avaliados (Tabela 7). Para a relação entre transpiração foliar e condutância estomática os valores destacam-se como significativos, positivos e de alta magnitude nos acessos. Para a relação entre a concentração interna de CO₂ e a eficiência intrínseca do uso da água, registrou-se valores significativos, negativos e de alta magnitude.

Tabela 7. Correlações entre variáveis fisiológicas para cinco acessos de umbuzeiro. Guanambi, BA.

Variáveis	BRS-68							
	Q _{leaf}	T _{leaf}	C _i	g _s	A/E	A/Q _{leaf}	A/C _i	A/g _s
A	0,2229**	-0,2822**	-0,0704*	0,5541**	0,4434**	0,5443**	0,9721**	-0,0436 ^{ns}
C _i	0,1563**	0,0734*	-	0,4000**	-0,2152**	-0,1715**	-0,2689**	-0,6977**
E	0,2696**	0,6522**	0,2077**	0,8514**	-0,5450**	0,1921**	0,2362**	-0,6421**

g_s	0,1616**	0,2553**	0,4000**	-	-0,2366**	0,3746**	0,4453**	-0,6468**
EPAMIG-05								
Variáveis	Q_{leaf}	T_{leaf}	C_i	g_s	A/E	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
A	0,1925**	-0,4794**	-0,3983**	0,2554**	0,7607**	0,3805	0,2516**	0,2204**
C_i	0,0384 ^{ns}	0,3515**	-	0,4737**	-0,5416**	-0,4231**	-0,2736**	-0,8080**
E	0,4943**	0,7729**	0,4493**	0,8517**	-0,5011**	-0,5460**	-0,3496**	-0,7078**
g_s	0,2798**	0,4169**	0,4737**	-	-0,1790**	-0,3857**	-0,2840**	-0,7154**
BGU-61								
Variáveis	Q_{leaf}	T_{leaf}	C_i	g_s	A/E	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
A	-0,3208**	-0,5821**	-0,4028**	0,3586**	0,6318**	0,5188**	0,5273**	0,4373**
C_i	0,4827**	0,4000**	-	-0,1945**	-0,7205**	-0,5893**	-0,2016**	-0,8993**
E	0,1827**	0,5368**	-0,2446**	0,8359**	-0,0064 ^{ns}	0,1151**	-0,2379**	0,0645*
g_s	0,0375 ^{ns}	0,2064**	-0,1945**	-	0,0848*	0,1843**	0,0533*	0,0771*
BGU-75								
Variáveis	Q_{leaf}	T_{leaf}	C_i	g_s	A/E	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
A	-0,2298**	-0,5537**	-0,4073**	0,7573**	0,6617**	0,5518**	0,3805**	0,3145**
C_i	0,2961**	0,2021**	-	-0,1555**	-0,5695**	-0,6322**	-0,7978**	-0,9056**
E	0,2075**	0,4272**	-0,1658**	0,6976**	-0,0904*	0,0575*	0,3341**	-0,1291**
g_s	0,0085 ^{ns}	-0,1407**	-0,1555**	-	0,3320**	0,2922**	0,3231**	-0,0619*
BGU-50								
Variáveis	Q_{leaf}	T_{leaf}	C_i	g_s	A/E	A/Q_{leaf}	A/C_i	A/g_s
A	-0,2744**	-0,5324**	-0,5535**	0,5108**	0,7909**	0,6576**	0,6633**	0,4393**
C_i	0,2852**	0,3145**	-	0,0355 ^{ns}	-0,7761**	-0,7216**	-0,8413**	-0,9303**
E	0,2743**	0,5733**	0,1962**	0,8445**	-0,1471**	-0,1781**	-0,0130 ^{ns}	-0,3656**
g_s	0,0911*	0,1679**	0,0355 ^{ns}	-	0,1848**	0,1344**	0,2260**	-0,1831**

Q_{Leaf} – radiação solar incidente na folha; T_{Leaf} – temperatura foliar; C_i – concentração interna de CO_2 ; E – transpiração; g_s – condutância estomática; A – fotossíntese líquida; EUA – eficiência instantânea de uso da água; A/Q_{Leaf} – eficiência quântica ou fotoquímica da fotossíntese; A/C_i – eficiência de carboxilação; A/g_s – eficiência intrínseca do uso da água; CV : coeficiente de variação. ** significativo a 1%, * significativo a 5% pelo teste t; ^{ns} não significativo.

Apenas o acesso BRS-68 demonstrou significância positiva e elevada para a associação entre fotossíntese líquida e a eficiência de carboxilação. Como determinadas características relacionadas à produtividade, precocidade e qualidade do fruto, variam conforme a interação proporcionada entre o ambiente e o genótipo, é possível supor que este genótipo tende à maior

capacidade produtiva, adaptativa ao ambiente e de desenvolvimento.

CONCLUSÕES

1. O acesso de umbuzeiro BRS-68 apresenta maiores eficiência de carboxilação e fotoquímica, e associação entre eficiência da carboxilação e fotossíntese líquida.
2. O umbuzeiro limita a transpiração por redução da condutância estomática sob alto déficit de pressão de vapor.
3. Há no umbuzeiro limitação da eficiência de carboxilação e da fotossíntese por altas temperaturas, limitação da transpiração por diminuição da condutância estomática e diminuição da eficiência quântica da fotossíntese pela qualidade da radiação.
4. O umbuzeiro aumenta a transpiração como estratégia de defesa ao estresse de calor, mesmo com redução da condutância estomática.
5. A associação entre transpiração e condutância estomática é significativa positiva e de alta magnitude.
6. A associação entre concentração interna de CO₂ e eficiência intrínseca do uso da água é significativa negativa e de alta magnitude.

AGRADECIMENTOS

Trabalho apoiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

REFERÊNCIAS

- ARANTES, A. de M.; DONATO, S.L.R.; SIQUEIRA, D.L. de; COELHO, E.F.; SILVA, T.S. Gas exchange in different varieties of banana prata in semi-arid environment. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, e-600, 2016. DOI:10.1590/0100-29452016600
- COELHO, E. F.; SANTOS, M. R. D.; DONATO, S. L. R.; REIS, J. B. R. D. D.; CASTRICINI, A. Produção e eficiência de uso da água em cultivares de bananeira sob irrigação com déficit controlado. **IRRIGA**, v. 26, n. 1, p. 94-110, 2021. DOI: 10.15809/irriga.2021v26n1p94-110.
- DIAS, J. L.; MAZZUTTI, S.; SOUZA, J. A. D.; FERREIRA, S. R.; SOARES, L. A.; STRAGEVITCH, L.; DANIELSKI, L. Extraction of umbu (*Spondias tuberosa*) seed oil using CO₂, ultrasound and conventional methods: Evaluations of composition profiles and antioxidant activities. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 145, p. 10-18, 2019. DOI: 10.1016/j.supflu.2018.11.011
- DONATO, S.L.R.; ARANTES, A.M.; GONÇALVES, N.P.; MATOS, F.S.; RODRIGUES, M.G.V.; SATURNINO, H.M. Aspectos ecofisiológicos, morfológicos, fenológicos e de produção do umbuzeiro e umbu-cajazeira. **Informe Agropecuário**, v.40, p.22-38, 2019a.
- DONATO, S. L. R.; FONSECA, N.; GONÇALVES, N.; MACHADO, C. D. F.; MATOS, F.; SATURNINO, H.; RODRIGUES, M. Práticas de cultivo do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 307, p. 65-79, 2019b.
- FURTAK, A.; NOSALEWICZ, A. Leaf-to-air vapor pressure deficit differently affects barley depending on soil water availability. **South African Journal of Botany**, v. 146, p. 497-502, 2022. DOI: 10.1016/j.sajb.2021.11.043.
- LIMA, M. A. C. D.; SILVA, S. D. M.; OLIVEIRA, V. R. D. Umbu – *Spondias tuberosa*. In: **Exotic fruits**. Academic Press, p. 427-433, 2018. DOI: 10.1016/B978-0-12-803138-4.00057-5.
- MENEZES, P. H. S. D.; SOUZA, A. A. D.; SILVA, E. S. D.; MEDEIROS, R. D. D.; BARBOSA, N. C.; SORIA, D. G. Influência do estágio de maturação na qualidade físico-

química de frutos de umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuária**, v. 8, n. 1, p. 73-78, 2017. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2017.01.07.

MERTENS, J.; GERMER, J.; SIQUEIRA, J. A.; SAUERBORN, J. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 542-552, 2016. DOI: 10.1590/1519-6984.18715.

MOORE, C. E.; MEACHAM-HENSOLD, K.; LEMONNIER, P.; SLATTERY, R. A.; BENJAMIN, C.; BERNACCHI, C. J.; LAWSON T.; CAVANAGH, A. P. The effect of increasing temperature on crop photosynthesis: from enzymes to ecosystems. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, n. 8, p. 2822-2844, 2021. DOI: 10.1093/jxb/erab090.

PEDROSA, K. M.; LUCENA, C. M. D.; SOUZA, R. S.; CRUZ, D. D. D.; LUCENA, R. F. P. D. *Spondias tuberosa* Arruda Anacardiaceae. **Ethnobotany of the Mountain Regions of Brazil**, p. 1-7, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-47254-2_97-1.

PINO, E.; MONTALVÁN, I.; VERA, A.; RAMOS, L. La conductancia estomática y su relación con la temperatura foliar y humedad del suelo en el cultivo del olivo (*Olea europaea* L.), en periodo de maduración de frutos, en zonas áridas. La Yarada, Tacna, Perú. **Idesia (Arica)**, v. 37, n. 4, p. 55-64, 2019. DOI: 10.4067/S0718-34292019000400055.

RAMOS, A. G. O.; DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; COELHO FILHO, M. A.; RODRIGUES, M. G. V. Evaluation of gas exchanges and production of genotypes of maçã banana type cultivated in the semi-arid region of Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018. DOI: 10.1590/0100-29452018500

SANTOS, C. C. D.; SILVA, C. D. S.; XAVIER, I. R. O cultivo do umbuzeiro como intervenção socioambiental no Semiárido. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 142-142, 2021. DOI: 10.51189/rema/2369.

SANTOS, W. R. D.; SOUZA, L. S. B. D.; PACHECO, A. N.; ROSA, A. M. D.; JARDIM, F.; SILVA, T. G. F. D. Eficiência do Uso da Água para Espécies da Caatinga: uma Revisão Para o

Período de 2009-2019. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2573-2591, 2021.

SEXTON, T. M.; STEBER, C. M.; COUSINS, A. B. Leaf temperature impacts canopy water use efficiency independent of changes in leaf level water use efficiency. **Journal of Plant Physiology**, v. 258, p. 153357, 2021. DOI: 10.1016/j.jplph.2020.153357

SHOA, P.; HEMMAT, A.; GHEYSARI, M.; AMIRFATTAHI, R. Effect of micro climatic indices on the accuracy of thermographic plant water status monitoring, case study of a semi-arid area. **Quantitative InfraRed Thermography Journal**, v. 18, n. 5, p. 283-299, 2021. DOI: 10.1080/17686733.2020.1768496.

SILVA, L. K. D. S.; ALVES, M. C. J. L.; COSTA, R. N.; SILVA, D. M. R.; SANTOS, J. C. C. D.; MOURA, F. D. B. P.; SILVA JÚNIOR, J. M. D.; SILVA, V. J. Gas Exchange and Photochemical Efficiency of Caatinga Plants Submitted to Different Water Management Strategies. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 11, 2019. DOI: 10.5539/jas.v11n11p53.

SOUZA, F. X. D.; PORTO FILHO, F. D. Q.; MENDES, N. V. B. **Umbu-cajazeira: descrição e técnicas de cultivo**. Mossoró: EdUFERSA, 2020, 103p. DOI: 10.7476/9786587108599.

TREVES, H.; KÜKEN, A.; ARRIVault, S.; ISHIHARA, H.; HOPPE, I.; ERBAN, A.; HÖHNE, M.; MORAES, T. A.; KOPKA, J.; SZYMANSKI, J.; NIKOLOSKI, Z.; STITT, M. Carbon flux through photosynthesis and central carbon metabolism show distinct patterns between algae, C3 and C4 plants. **Nature plants**, v. 8, n. 1, p. 78-91, 2022. DOI: 10.1038/s41477-021-01042-5