



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA APLICADA À
AGROPECUÁRIA

TAIANE SILVA SOUSA

CRESCIMENTO VEGETATIVO EM MUDAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
AÇAIZEIRO (*EUTERPE OLERACEA* MART.) SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO

BELÉM/PA

2021

TAIANE SILVA SOUSA

**CRESCIMENTO VEGETATIVO EM MUDAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
AÇAIZEIRO (*EUTERPE OLERACEA* MART.) SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Biotecnologia metabólica.

Orientadora: Dra. Elisa Ferreira Moura Cunha

BELÉM/PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S725c Sousa, Taiane Silva
Crescimento vegetativo em mudas de diferentes genótipos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* mart.) Submetidos ao estresse hídrico / Taiane Silva Sousa. - 2021.
43 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (PPGBAA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.

Orientador: Profa. Dra. Elisa Ferreira Moura Cunha

Coorientador: Prof. Dr. Roberto Lisboa Cunha.

1. Dissipação fotoquímica. 2. Variáveis biométricas. 3. Fotossíntese. 4. Fluorescência da clorofila *a*.

5. Massa seca da parte aérea. I. Cunha, Elisa Ferreira Moura, *orient.* II. Título

TAIANE SILVA SOUSA

**CRESCIMENTO VEGETATIVO EM MUDAS DE DIFERENTES GENÓTIPOS DE
AÇAIZEIRO (*EUTERPE OLERACEA* MART.) SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Curso de Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Biotecnologia.

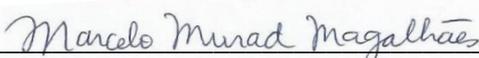
29 de janeiro de 2021

Data de Aprovação

Banca Examinadora:


Orientadora
Elisa Ferreira Moura Cunha- Doutora
Embrapa Amazônia Oriental


Membro 1
Maria do Socorro Padilha de Oliveira- Doutora
Embrapa Amazônia Oriental


Membro 2
Marcelo Murad Magalhães- Doutor
Embrapa Amazônia Oriental


Membro 3
Reginaldo Festucci Buselli - Doutor
Universidade Federal Rural da Amazônia

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter concluído este trabalho desafiador. Houve muitos momentos que fui preenchida pelo pessimismo e a desistência, mas Ele veio por meio de pensamentos ou por pessoas para me orientar e dar forças para continuar, e assim, os sentimentos fracos eram substituídos por esperança e persistência.

Aos meus pais Paulo e Svethani, e ao restante da família Sousa pelos pela orientação e dedicação em toda minha vida, que foram cruciais para eu chegar onde estou.

Ao meu parceiro João Marcelo, pelo incentivo para ingressar na pós-graduação, pela paciência e por sua ajuda em todos os momentos deste projeto, desde a coleta de dados até na escrita deste trabalho.

À Virgínia Sousa pelas suas orações e pelo apoio que me deu cuidando do meu filho para que eu pudesse participar efetivamente das atividades curriculares da pós-graduação.

Ao programa de Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária e seus docentes pelos conhecimentos adquiridos, assistência e paciência nesses dois anos, principalmente, durante a pandemia do Coronavírus.

À minha orientadora Elisa Cunha que me instruiu ao longo deste trabalho e mesmo nos momentos mais difíceis persistiu pacientemente comigo. E aos coorientadores Hugo Pinheiro e Roberto Cunha que instruíram na montagem do experimento.

Aos funcionários da Embrapa Amazônia Oriental do laboratório de Fitomelhoramento Euclides Ribeiro (que descanse em paz) e Joel Pinheiro, que auxiliaram na manutenção das plantas do experimento. À Dra. Socorro Padilha por seus ensinamentos ao longo da minha trajetória como estagiária nesta empresa. Ao Dr. Marcelo Murad pelo apoio e logística nos dias de coleta de dados. E a todos os outros funcionários e estagiários que participaram de forma direta e indireta neste trabalho.

Aos meus amigos Alynne Maciel, Raylane Fernandes, Antônia da Silva, Camila Brandão pela ajuda extra na coleta de dados. Aos colegas da UFRA Flávio Rodrigues e Wagner Lopes Filho pelo auxílio nas medições fisiológicas e ensinamentos.

À FAPESPA pela bolsa de pesquisa. E a todas as pessoas que puderam contribuir de forma positiva a esta pesquisa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estágios de crescimento de três genótipos de açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart), na sementeira (A), no viveiro (B) e em casa de vegetação (C), localizados na Embrapa Amazônia Oriental.	22
Figura 2 - Medição das plantas de três genótipos de açaizeiro, de acordo com os parâmetros biométricos e fisiológicos.	24
Figura 3 - Médias e desvio padrão dos tratamentos do grupo controle envolvendo três genótipos do açaizeiro (<i>E. oleracea</i>) avaliados pelas variáveis: potencial Hídrico (Ψ_w ; Figura 3.A), taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A; Figura 3.B), condutância estomática (g_s ; Figura 3.C), transpiração (E ; Figura 3.D), eficiência instantânea do uso da água (A/E ; Figura 3.E), relação de concentração de CO ₂ interna e externa (C_i/C_a ; Figura 3.F), submetidos a mesmo regime hídrico irrigado.	30
Figura 4 - Médias e desvios padrão do grupo experimental envolvendo três genótipos do açaizeiro (<i>E. oleracea</i>) avaliados pelas variáveis: potencial hídrico (Ψ_w ; Figura 4.A), taxa de assimilação líquida de CO ₂ (A; Figura 4.B), condutância estomática (g_s ; Figura 4.C), transpiração (E ; Figura 4.D), eficiência instantânea do uso da água (A/E ; Figura 4.E), relação de concentração de CO ₂ interna e externa (C_i/C_a ; Figura 4.F), submetidos a dois regimes hídricos (Irigado= IRR; Não irrigado=NIR).	31
Figura 5 - Médias e desvios padrão do grupo experimental envolvendo três genótipos do açaizeiro (<i>E. oleracea</i>) avaliados pelos parâmetros: eficiência fotoquímica máxima de PSII (F_v/F_m ; Figura 5.A), eficiência de captura de energia de excitação dos centros de reação do PSII abertos (F'_v/F'_m ; Figura 5.B), coeficiente de dissipação fotoquímica (qp ; Figura 5.C), coeficiente de dissipação não-fotoquímico (NPQ; Figura 5.D), rendimento quântico real do transporte de elétrons do PSII (Φ_{PSII} ; Figura 5.E), taxa de transporte de elétrons (ETR; Figura 5.F), submetidos a dois regimes hídricos (Irigado= IRR; Não irrigado=NIR).	32

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Médias e desvios padrão para cinco parâmetros biométricos: altura da planta (AP), diâmetro do caule basal (DCB), diâmetro do caule do apical (DCA), número de folha (NF) e área foliar total (AFT) por planta avaliados em três genótipos de açaizeiro (*E. oleracea*). Realizado em duas avaliações: Grupo Controle (regime hídrico irrigado: IRR1 e IRR2) e Grupo Experimental (regime hídrico irrigado= IRR; não irrigado= NIR).26
- Tabela 2 - Médias e desvio padrão para massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) avaliadas em três genótipos de açaizeiro (*E. oleracea*). Realizado em duas avaliações: Grupo Controle (regime hídrico irrigado: IRR1 e IRR2) e Grupo Experimental (regime hídrico irrigado= IRR; não irrigado= NIR).....27

RESUMO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) enfrenta desafios associados à expansão das plantações devido a exigência por demanda hídrica. O presente estudo analisou o crescimento vegetativo em plantas jovens de diferentes genótipos de açaizeiro submetidos ao estresse hídrico. Foram escolhidos três genótipos (Anajás, BRS Pai D'égua e BRS Pará) para serem analisados sob dois regimes hídricos (irrigado e não irrigado) em delineamento experimental de blocos ao acaso com cinco repetições. As variáveis biométricas avaliadas foram: altura da planta, diâmetro do caule basal, diâmetro do caule apical, número de folhas, área foliar total, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz; as fisiológicas, separadas em trocas gasosas foram: potencial hídrico, taxa de assimilação líquida de CO₂, condutância estomática, transpiração, eficiência no uso da água, razão entre o CO₂ interno e CO₂ atmosférico; e fluorescência da clorofila *a*: rendimento quântico máximo do fotosistema II (PSII), eficiência de captura de energia de excitação dos centros de reação do PSII abertos, dissipação fotoquímica, dissipação não-fotoquímica, rendimento quântico real do transporte de elétrons do PSII e taxa aparente de transporte fotoquímico de elétrons através PSII. Dessa forma, as variáveis biométricas mostraram que em situações de déficit hídrico reduções significativas de 56% e 50% de área foliar para BRS Pai d'égua e BRS Pará, respectivamente, assim como, uma queda de 44% da massa seca da parte aérea para ambos genótipos. Em relação as respostas fisiológicas, revelaram que os três genótipos apresentaram uma redução de até 78% na fotossíntese, 92% na condutância estomática e 92% na transpiração. No entanto, apenas as cultivares BRS Pai d'égua e BRS Pará mostraram eficiência no uso da água com 47% e 65%, respectivamente. O genótipo anajás demonstrou menor eficiência na fixação de carbono com alta taxa de 74% na relação CO₂ interno e CO₂ atmosférico. O BRS Pai d'égua e BRS Pará apresentaram, na mesma sequência, reduções no transporte de elétrons para o PSII de 62% e 58%, e no transporte fotoquímico através do PSII de 63% e 57%. Sugerindo que eles sofreram algum efeito fotoinibitório, já que os valores de rendimento quântico máximo do PSII, para os três genótipos, foram abaixo do índice limite de 0,75 elétrons quantum⁻¹, conseqüentemente, provocando uma redução nos processos fotossintéticos das plantas. Com isso, conclui-se que o crescimento vegetativo em mudas genótipos de açaizeiro jovem sob estresse hídrico moderado, demonstraram melhores respostas morfológicas e fisiológicas para as cultivares BRS Pai d'égua e BRS Pará. As plantas

reduziram seu crescimento de forma branda, assim como, sua atividade fotossintética, mas, mantiveram uma boa eficiência fotoquímica.

Palavras-chave: Dissipação fotoquímica; Variáveis biométricas; Fotossíntese; Fluorescência da clorofila *a*; Massa seca da parte aérea.

ABSTRACT

The açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) faces challenges associated with the expansion of plantations due to the demand for water demand. The present study analyzed the vegetative growth in young plants of different açai genotypes subjected to water stress. Three genotypes (Anajás, BRS Pai D'égua and BRS Pará) were chosen to be analyzed under two water regimes (irrigated and non-irrigated) in a randomized block design with five replications. The biometric variables evaluated were: plant height, basal stem diameter, apical stem diameter, number of leaves, total leaf area, shoot dry mass and root dry mass; the physiological ones, separated into gas exchanges, were: water potential, net CO₂ assimilation rate, stomatal conductance, transpiration, water use efficiency, ratio between internal CO₂ and atmospheric CO₂; and chlorophyll a fluorescence: maximum quantum yield of photosystem II (PSII), excitation energy capture efficiency of open PSII reaction centers, photochemical dissipation, non-photochemical dissipation, real quantum yield of PSII electron transport and rate apparent photochemical electron transport through PSII. Thus, the biometric variables showed that in situations of water deficit significant reductions of 56% and 50% in leaf area for BRS Pai d'égua and BRS Pará, respectively, as well as a 44% drop in shoot dry mass. for both genotypes. Regarding the physiological responses, they revealed that the three genotypes showed a reduction of up to 78% in photosynthesis, 92% in stomatal conductance and 92% in transpiration. However, only the cultivars BRS Pai d'égua and BRS Pará showed efficiency in water use with 47% and 65%, respectively. The anajás genotype showed lower efficiency in carbon fixation with a high rate of 74% in the ratio of internal CO₂ and atmospheric CO₂. BRS Pai d'égua and BRS Pará showed, in the same sequence, reductions in electron transport to PSII of 62% and 58%, and in photochemical transport through PSII of 63% and 57%. This suggests that they suffered some photoinhibitory effect, since the maximum quantum yield values of PSII, for the three genotypes, were below the threshold index of 0.75 quantum-1 electrons, consequently, causing a reduction in the photosynthetic processes of plants. With this, it is concluded that the vegetative growth in seedlings of young açazeiro genotypes under moderate water stress, showed better morphological and physiological responses for the cultivars BRS Pai d'égua and BRS Pará. The plants reduced their growth in a mild way, as well as, their photosynthetic activity, but maintained a good photochemical efficiency.

Keywords: Biometric variables; Chlorophyll a fluorescence; Dry mass of the aerial part; photosynthesis; Photochemical dissipation.

SUMÁRIO

	RESUMO	16
	ABSTRACT	18
1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Aspectos botânicos do açaizeiro	12
1.2	Aspectos socioeconômicos	15
1.3	Varietades tradicionais e cultivadas	16
1.3.1	Anajás.....	16
1.3.2	BRS Pará.....	16
1.3.3	BRS Pai d' égua.....	17
1.3.4	A influência do déficit hídrico.....	18
2	MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1	Produção das mudas	20
2.2	Delineamento experimental	21
2.3	Variáveis biométricas e fisiológicas	23
2.4	Análise dos dados	25
3	RESULTADOS	25
3.1	Variáveis biométricas	25
3.2	Variáveis fisiológicas	28
4	DISCUSSÃO	29
4.1	Variáveis biométricas	29
4.2	Variáveis fisiológicas	34
5	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma importante espécie perene da Amazônia que, nos últimos anos, vem despertando interesse no cultivo para produção de frutos ao mercado de polpa (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2006). Apesar de ser nativa da região, não é endêmica, tendo ocorrência no norte da América do Sul em países como Panamá, Equador e em Trinidad e Tobago (OLIVEIRA; RIOS, 2014). No Brasil, ocupa naturalmente concentrações densas na parte oriental da Amazônia Legal, no litoral Atlântico até o município de Óbidos, atingindo os arredores de Parintins. É vegetação predominante de igarapés, terrenos de baixada e de áreas alagadas na região do estuário amazônico, Baixo amazonas, Maranhão, Tocantins e Amapá (OLIVEIRA, 2007).

A mesorregião do Nordeste Paraense tem despertado para o desenvolvimento de sistemas de cultivo apropriados, para aumentar a produtividade e a produção, tanto na safra como na entressafra. A atenção dos produtores no plantio de açaizeiros está na inovação de técnicas de cultivo, principalmente, em relação a irrigação (HOMMA, 2014). O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) vem enfrentando desafios associados à expansão das plantações, principalmente, em área de terra firme, que exige maior demanda hídrica. Devido ser uma espécie típica de várzeas (CALZAVARA, 1972) exige maiores quantidades de água para atender suas necessidades fisiológicas, o que torna como limitante o plantio dessa espécie em ambientes com baixas distribuições de chuvas e com nítida estação de estiagem, sendo necessária suplementação hídrica, para evitar redução ou paralisação do seu crescimento.

O estado do Pará é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de açaí, produz 95% da produção brasileira, movimentando US\$ 1,5 bi equivalente a 3% do PIB paraense (IBGE, 2017). O crescimento da demanda desse produto provocou grande interesse no manejo do açaizeiro em áreas de terra firme, porém exige sistemas de irrigação adequados (HOMMA, 2014), principalmente, em regiões com maiores intervalos de estação seca. A demanda de água necessária para atender a produção de mudas e os plantios dessa palmeira, adequada aos padrões de qualidade morfológica e vigor regulados pela norma (Brasil, 1997) ainda não foram determinados para a espécie, muito menos para variedades, fazendo que a irrigação de mudas seja feita empiricamente (SILVESTRE *et al.*, 2016).

O uso de sistemas de irrigação para a produção de mudas é uma técnica de manejo amplamente utilizada para muitas culturas. No entanto, para que a irrigação seja eficiente e a

plântula seja capaz de expressar seu potencial total de desenvolvimento, é essencial levar em consideração a demanda de água da cultura (SILVESTRE *et al.*, 2016).

Durante períodos de seca, as plantas sofrem déficits hídricos que levam à inibição do crescimento e da fotossíntese. A sensibilidade de determinado processo fisiológico a déficits hídricos é, em grande parte, um reflexo da estratégia da planta em lidar com a faixa de variação na disponibilidade de água que ela experimenta em seu ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2017). Dessa forma, a capacidade de tolerar estresses hídricos moderados é importante para a propagação das espécies, quando submetidas a cultivo em ambientes diferentes de seu habitat natural (CALBO; MORAES, 2000).

A pesquisa vem buscando alternativas de aprimorar geneticamente (domesticação) essa espécie (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2005; FARIAS NETO, 2019) tornando-a mais adaptável as variações sazonais da região paraense. Como no caso o BRS Pará para produção precoce em áreas de terra firme. E o BRS Pai d'égua, para produção na entressafra. Mesmo havendo grande importância no estudo de plantas do açaizeiro mais tolerantes a sazonalidade hídrica, existe carência de literaturas que abordem pesquisas voltadas ao déficit hídrico (SILVESTRE *et al.*, 2016; TAVARES, 2017; OLIVEIRA, 2018; CRUZ, *et al.*, 2021), em especial em variedades genéticas de plantas jovens do açaizeiro para o conhecimento das alterações metabólicas em condição de estresse hídrico.

Cabe no momento mais estudos voltados as possíveis diferenças de adaptação de genótipos das diversas variedades existentes dessa palmeira, para a seleção de indivíduos com maior tolerância ao déficit hídrico nos programas de melhoramento genético e biotecnologia associadas. Assim como, otimizar a produção no sentido de diminuir os custos com a irrigação, atendendo a demanda do mercado local. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi analisar o crescimento vegetativo em plantas jovens de diferentes genótipos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* mart.) submetidos ao estresse hídrico.

1.1 Aspectos botânicos do açaizeiro

As palmeiras pertencem à família Arecaceae, ocorrendo em quase todos os habitats distribuídos no mundo (HENDERSON *et al.*, 1995). No Brasil, o gênero que se destacou nas últimas décadas foi o *Euterpe*, constituído por cinco espécies (SCARIOT, 2015). Dentre elas, destaca-se o *E. oleracea*, conhecido por açaizeiro. Em suas populações naturais há diferentes tipos e variedades, como o verde (também chamado de branco), o espada, o vareta, o açu, o

sangue-de-boi, o petecão, o una, o chumbinho e o violáceo, esse último sendo predominante (OLIVEIRA *et al.*, 2000)

A espécie, no geral, apresenta caule preferencialmente múltiplo na fase adulta, podendo atingir até 45 estipes por touceira em diferentes estágios de crescimento, mas raramente ocorrem plantas monocaules (OLIVEIRA *et al.*, 2015). O estipe é liso, cilíndrico, anelado, ereto, às vezes encurvado, fibroso e sem ramificações, atingindo até 30 metros de altura e diâmetro de 12 cm a 18 cm. Ao longo dele, são encontradas cicatrizes deixadas pelas folhas, que senescem e caem, formando nós e internódios (HENDERSON, 2000). Cada planta apresenta de 12 a 14 folhas pinadas com segmentos pendentes, dispostas em espiral e com 3,5 m de comprimento, bainhas longas e superpostas dando aspecto de coluna.

As raízes dessa palmeira são fasciculadas, densas e superficiais, providas de lenticelas e aerênquimas, que apresentam 1cm de diâmetro e coloração avermelhada, sendo encontradas nos primeiros 30cm a 40cm do solo, formando um agregado na base do estipe. Prolongam-se por cerca de 3,0 m a 3,5 m da base do estipe em indivíduos com 3 anos de idade, e 5 m a 5m de extensão com plantas com mais de 10 anos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Abaixo de cada bainha foliar, surge um ramo florífero constituídos por duas brácteas, de tamanhos e formatos distintos, constituindo a inflorescência, que é formada por um raque com dezenas de ráquias inseridas possuindo flores femininas e masculinas, caracterizando a fase reprodutiva da planta. Após a polinização das flores, será produzido por sua vez os frutos, que formam um cacho, cujo número varia de 3 a 8 por planta, encontrados em diferentes estágios de desenvolvimento (OLIVEIRA, 1995).

O fruto de açaí é esférico, com o diâmetro similar ao de uma pequena avelã. É composto de um caroço pouco duro, semelhante ao da bacaba, envolvido em uma polpa cinza, pouquíssima espessa, oleaginosa e recoberta de uma epiderme roxo muito escuro, quase preto, com peso médio de 1 a 1,5 g e uma umidade de 25% (PESCE, 2009), e diâmetro de 1 cm a 2 cm (OLIVEIRA, 2002).

A fase reprodutiva é iniciada por volta de 4 a 5 anos após a emergência das plântulas com a emissão de eventos de floração e frutificação registrados o ano todo. O pico de florescimento ocorre de janeiro a maio e o de frutificação de agosto a dezembro, porém pode variar com o local e o tipo (OLIVEIRA, 2002). Suas sementes não apresentam dormência, sendo considerada uma planta heliófila e tolerante ao sombreamento apenas no estado juvenil,

com idade de reprodução entre 5 a 10 anos e vida útil entre 10 a 25 anos (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O açazeiro encontra condições ideais de cultivo nas faixas climáticas com regular distribuição de chuvas e em áreas que, mesmo com período de estiagem definido, disponham de umidade satisfatória no solo, como nas várzeas. Quando cultivado em área de terra firme, com tipo climático Am_i (apresenta índice pluviométrico anual que define uma estação relativamente de estiagem, mas com precipitação acima de 2.500 mm anual) e Aw_i (índice pluviométrico anual entre 1.000 e 2.500 mm, com nítida estação de estiagem), para evitar a redução ou paralisação do crescimento, floração e frutificação, é importante planejar, nos períodos menos chuvosos, a utilização de irrigação (CALZAVARA, 1972).

Para a produção de mudas, é preciso obter melhores resultados na germinação, as sementes devem ser obtidas de frutos recém-despolpados, tendo-se o cuidado de retirar os resíduos da polpa através da lavagem das sementes, para evitar a fermentação e proliferação de fungos e, em seguida, semeá-las (OLIVEIRA *et al.*, 2002). Se forem utilizadas sementeiras, a semeadura deve ser feita em linhas espaçadas em 5 e 2 cm entre sementes, com 2 cm de profundidade. A fase germinativa leva de 30 a 60 dias, após a germinação, as plântulas devem ser repicadas antes ou na abertura do primeiro par de folhas (BENTES-GAMA *et al.*, 2005)

A repicagem, isto é, a transferência da semente pré-germinada para o recipiente, deverá ser feita quando a plântula apresentar altura entre 3 e 4 cm (QUEIROZ; MOCHIUTTI; BIANCHETTI, 2001). Após dois meses desde da germinação da semente, o açazeiro, já com 1 folha, pode atingir até 16 cm altura e diâmetro de 3,5 mm. Com oito meses de idade alcança em torno de 76 cm de altura, 17 mm de diâmetro possuindo até 5 folhas. Nessa idade, a planta tem peso da massa verde da parte aérea próximo a 47 gramas e da massa verde da raiz 32 gramas (NASCIMENTO; GATTI, 2020).

As normas de padrão de qualidade das mudas produzidas para comercialização, estabelecidas pela Comissão Estadual de Sementes e Mudas (CESM-PA), informam que as plantas precisam ter de 4 a 8 meses de idade, apresentando altura uniforme, aspecto vigoroso, cor e folhagem harmônicas. Possuindo no mínimo, cinco folhas fisiologicamente ativas (maduras), pecíolos longos e as folhas mais velhas com folíolos separados. Com altura de 40 a 60 cm, mensurados a partir do colo da planta. O coleto deve apresentar a espessura da base maior que a da extremidade das mudas. E o sistema radicular deve ser bem desenvolvido e ter

suas extremidades aparadas quando ultrapassar o torrão. As plantas devem ser isentas de pragas e moléstias.

1.2 Aspectos socioeconômicos

O açaí é uma das poucas frutas em nível mundial com um grande mercado potencial e inexplorado, o que se traduz em uma ampla possibilidade de expansão. O crescimento do mercado de polpa de açaí, a partir da década de 1990, facilitado pelo processo de beneficiamento e congelamento, pode conquistar amplo mercado no futuro (COSTA *et al.*, 2017; HOMMA *et al.*, 2020).

A principal utilização dos frutos do açazeiro é a produção de polpa processada, também chamada de “vinho”, assim como, também é usada em sobremesas como sorvete, chopp, picolé, açaí em pó, geleia, bolo, mingau, corante, bombom, biscoito (CYMERY; SHANLEY, 2005; SOUZA *et al.*, 2020). As sementes podem ser usadas na produção de bebida quente (COSTA *et al.*, 2020), bio-óleo (SOUSA *et al.*, 2021), na confecção de biojóias (SCHIERHOLT *et al.*, 2020) e bioconstruções (OLIVEIRA *et al.*, 2020; SILVA *et al.*, 2016). E do estipe é feita a extração do palmito (SANTOS *et al.*, 2018).

A composição da polpa é caracterizada por um elevado teor de proteínas, fibras, carboidratos, lipídeos (Omega 6 e Omega 9), vitamina E, além de minerais (Mn, Fe, Zn, Cu, Cr) e por possuir um elevado teor de antocianinas e compostos fenólicos, dentre outros, que também são componentes antioxidantes (KANG *et al.*, 2010; ROGEZ *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2008). Logo, o consumo está associado a efeitos positivos à saúde devido ao seu conteúdo fenólico e valor nutritivo (GORDON *et al.*, 2012), assim como na prevenção de doenças crônicas (COSTA *et al.*, 2012; UDANI *et al.*, 2011).

O estado do Pará é o maior produtor/ exportador de açaí, responsável por cerca de 95% da produção do Brasil, ejetando na economia paraense cerca de 1,5 bilhão, o que equivale a 3% do PIB do estado (IBGE, 2019; CONAB, 2020). Desse total produzido, 83% provém de cultivos e/ou áreas manejadas e 17% do extrativismo. Vale ressaltar que cerca de 60% da produção é consumida pelos paraenses, 30% é comercializada para outros estados e 10% vai ao mercado internacional, principalmente para os Estados Unidos. Enfatiza-se, também, que o cultivo dessa palmeira é a atividade mais representativa da fruticultura paraense e insere no mercado mais de 25 mil pessoas, de forma direta e indireta, sendo responsável por, aproximadamente, 70% da formação da renda dos extrativistas ribeirinhos (FURLANETO *et al.*, 2020).

1.3 Variedades tradicionais e cultivadas

O cultivo de açaizeiro para produção de frutos em terra firme pode ser efetuado com o uso de sementes oriundas de populações naturais (ecotipos) ou de programas de melhoramento. Os ecotipos ou variedades são tipos de açaí que diferem em alguma característica morfológica, além de ocorrerem em locais distintos, se diferenciam pela coloração dos frutos quando maduros, pelo número de perfilhos na touceira, pelo tamanho e peso dos cachos e de frutos, pela ramificação do cacho ou pela coloração e consistência da bebida, mas necessitam ser caracterizados e avaliados morfológica e agronomicamente (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

1.3.1 Anajás

A variedade procedente do município de Anajás no estado do Pará, têm como principal característica a produção de frutos no período de entressafra da espécie, ou seja, no primeiro semestre (FARIAS NETO *et al.*, 2018). Esse material genético encontra-se no estágio inicial de domesticação.

Segundo Yokomizo *et al.* (2020), este material não manifestou variabilidade genotípica entre os diferentes acessos e a possibilidade de existência de materiais superiores foi muito restrita. Isso ocorreu devido a pré-seleção realizada no momento de coleta das sementes que originaram estas progênies. Sendo assim, as plantas com frutos e cachos de tamanho desejados foram coletadas e, descartadas as demais que não preenchem os requisitos visuais do coletor, promovendo uma uniformização do material.

1.3.2 BRS Pará

A Embrapa Amazônia Oriental iniciou nos anos 1980 o programa de pesquisas envolvendo genética e melhoramento do açaizeiro, que resultou na criação da cultivar “BRS Pará”, lançada em 2004, e que começou a ser utilizada na expansão das áreas cultivadas em terra firme, a partir desse ano (EMBRAPA, 2005).

A cultivar “BRS Pará”, primeira selecionada às condições de terra firme, apresenta principais características como produção precoce, com safra a partir dos primeiros três anos de plantio, produtividade estimada em torno de 10 t/ha/ano a partir do 8º ano de plantio e;

rendimento de polpa variando de 15 a 25%, o que supera os indicadores do açaí nativo (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2005). Com a utilização de sistemas de irrigação para o BRS Pará, tem como vantagem a produção contínua de frutos, com sua produção na entressafra o produtor consegue alavancar os lucros por meio de melhores preços (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2010).

A cultivar BRS-Pará se originou de três ciclos de seleção massal. No primeiro ciclo foi feita a seleção das plantas e coleta dos seus frutos em populações naturais do estuário amazônico, que apresentaram baixa altura da 1ª emissão de cacho, pequena distância de entrenós e destacada espessura de mesocarpo. O segundo ciclo foi praticado nos açazeiros dessa coleção para produção de cachos e frutos durante o ano. As plantas foram avaliadas durante 3 anos consecutivos (1996/1997/1998), e posteriormente, foi coletado os frutos das plantas promissoras para novo plantio. O último ciclo foi efetuado neste plantio para perfilhamento e vigor, e houve a eliminação das plantas com desenvolvimento vegetativo inferior e sem perfilhamento, permitindo o intercruzamento por meio de polinização livre das plantas desejáveis. Logo, as sementes utilizadas para o lançamento dessa cultivar são provenientes desse último plantio, que foi transformado em área de produção de sementes (APS) ou população melhorada (OLIVEIRA; FARIAS NETO, 2005).

1.3.3 BRS Pai D'égua

A cultivar BRS Pai D'égua foi obtida da pesquisa com melhoramento genético do açazeiro que apresenta características como produção na entressafra e frutos menores. A distribuição bem equilibrada da produção anual minimizou os problemas com sazonalidade, com 46% no período da entressafra (de janeiro a junho) e 54% na safra (de julho a dezembro). Os frutos menores rendem 30% a mais polpa que os frutos de açazeiros nativos. E, sua primeira colheita ocorre aos três anos e meio contrapondo os materiais tradicionais que iniciam no quinto ano (EMBRAPA, 2019).

A população original, procedente dos municípios de Afuá e Chaves, que deu origem a cultivar foi proveniente de um teste de progênies de meios-irmãos com 50 progênies no delineamento tipo látice com duas repetições (500 indivíduos). A instalação das plantas aconteceu em 2003, no campo experimental de Tomé-Açu, PA. Em 2013, após 5 anos consecutivos de avaliações, foram selecionadas 45 plantas, simultaneamente, para

produtividade de frutos e menor tamanho de fruto (peso de cem frutos inferior a 130 g). Com isso, no ano seguinte, houve a eliminação das plantas inferiores, transformando o experimento em campo de produção de sementes por muda (CPSM), seguido de plantio de mudas das 18 melhores plantas para aumentar a produção de sementes e promover o enriquecimento do CPSM (FARIAS NETO, 2019).

No período de avaliação, a produtividade da cultivar foi de 5,2 t de frutos por hectare dos 3,5 aos 5 anos do plantio; 9,0 t/ha dos 5 aos 6 anos; 8,5 t/ha dos 6 aos 7 anos; 11,8 t/ha dos 7 aos 8 anos; e 12,9 t/ha aos 9 anos do plantio. E, mesmo com irrigação nos meses de estiagem (agosto a novembro/dezembro) e adubação adequada, a produção de frutos sofreu oscilações ao longo dos meses do ano, observando-se produções menores nos meses de abril e outubro (FARIAS NETO, 2019).

1.4 A influência do déficit hídrico

O açaizeiro é uma planta C_3 , onde a fixação de CO_2 é requisito para sua manutenção orgânica, que é adquirido através da fotossíntese, em um processo chamado carboxilação, onde são produzidas as trioses fosfatadas requeridas para consumo e manutenção celular (TAIZ; ZEIGER, 2017). Para esses autores, no seu pleno funcionamento se faz necessário que a enzima Rubisco esteja atuando perfeitamente, e a planta por meio de sinalizações químicas com o meio abiótico (luz e água) consiga realizar a fotossíntese. A fotossíntese, especialmente a fase fotoquímica do fotossistema II, é um dos muitos processos sensíveis em plantas sob estresse causado por déficit hídrico (LADJAL *et al.*, 2000).

O estresse hídrico, geralmente, ocorre quando o conteúdo de água no solo é reduzido pelas condições atmosféricas que causam perdas de água por transpiração e evaporação. A desidratação celular afeta adversamente muitos processos fisiológicos básicos provocando reduções no potencial de pressão (Ψ_P) e no volume, íons mais acumulados se tornando citotóxicos e acúmulo de ácido abscídico (ABA) provocando fechamento dos estômatos (TAIZ; ZEIGER, 2017). O fotossistema II pode ser prejudicado devido à super-redução da cadeia de elétrons fotossintética e ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) em cloroplastos (ASADA, 2000).

A tolerância a estresses abióticos é muito complexa devido a interações intrínsecas entre os fatores de estresse e os vários fenômenos moleculares, bioquímicos e fisiológicos como

fotossíntese e respiração que afetam o crescimento celular e desenvolvimento das plantas (JALEEL *et al.*, 2009). Dessa forma, existem mecanismos de tolerância como o fenômeno do ajustamento osmótico que é variável entre espécies e entre variedades de uma espécie e, para a folha, quando a expansão foliar é completa, a capacidade de ajustamento osmótico vai gradualmente sendo perdida (MORGAN, 1984).

Os genótipos de uma espécie podem diferir quanto à eficiência no uso da água, e na relação entre a condutância estomática e a capacidade fotossintética, durante o seu desenvolvimento (OSMOND *et al.*, 1980). Um dos parâmetros mais comumente utilizados para avaliar o status hídrico de uma planta é o potencial hídrico foliar (Ψ_w), por meio dele é possível mensurar a quantidade de água na planta disponível para a realização de trabalho químico (KRAMER; BOYER 1995). A capacidade da planta de limitar a perda de água e, ao mesmo tempo, permitir suficiente absorção de dióxido de carbono, pode ser expressa pela eficiência no uso da água (KERBAUY, 2019)

A fluorescência da clorofila dá informação sobre o estado do PSII. Esta medida pode mostrar a que ponto o PSII está utilizando a energia absorvida pela clorofila e a extensão que ele está sendo danificado pelo excesso de luz (SCHREIBER, 1986; BJÖRKMAN; POWLES, 1984; ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Durante a fotossíntese, as moléculas de clorofila absorvem a energia luminosa (em forma de fótons) e alteram temporariamente as suas configurações eletrônicas, passando do estado basal para o estado excitado onde é denominado de singleto 1. Este estado excitado é muito instável e de vida muito curta ($\approx 10^{-8}$ s). Sendo assim, estes pigmentos fotossintéticos, após receberem a energia dos fótons, dissipam esta energia proveniente da luz por meio de três vias de dissipação: fotoquímica, não-fotoquímica e fluorescência (CAMPOSTRINI, 2001).

Dissipação Fotoquímica é usada para a formação do poder redutor e da molécula de ATP (Trifosfato de adenosina), os quais serão utilizados na fase bioquímica do processo fotossintético sendo representada pelo quenching ou dissipador fotoquímico (qP). A dissipação Não-Fotoquímica é a produção de calor na forma de radiação infravermelha. Esta dissipação de energia é representada pelo quenching não-fotoquímico (qN). Fluorescência é a emissão de radiação na região do visível (vermelho e vermelho distante), sendo assim, alterações na fluorescência podem mostrar a ausência ou presença de comprometimentos no processo fotossintético (BAKER, 2008).

Apesar de poucos relatos sobre o status hídrico do açaizeiro, e muitos menos entre genótipos diferentes, alguns trabalhos como o de Silvestre *et al.* (2016) testaram se a demanda de água varia de acordo com a origem da planta em dois genótipos do açaí (BRS-Pará e ecotipo Hideo) sob dois regimes hídricos, e viram que, independentemente da origem do material testado (terra firme ou várzea), a formação de mudas que atendam à qualidade exigida padrão é obtida sob irrigação correspondente a 130% capacidade de campo.

Tavares (2017) avaliou o padrão de crescimento, desenvolvimento e o comportamento fisiológico de mudas de duas espécies de Euterpe: o açaizeiro (*E. oleracea*) e a juçara (*E. edulis*), conduzidas sob diferentes níveis de disponibilidade de água no substrato. Percebeu que as mudas do açaizeiro são mais sensíveis à restrição de água, tendo o seu crescimento comprometido em umidades menores que 67% do conteúdo de água disponível, pois necessita de maior concentração de água para manter suas atividades fisiológicas e facilitar a sua absorção de nutrientes na zona radicular.

Oliveira *et al.* (2018), trabalharam com 130 plantas da BRS Pará, onde investigaram taxa de assimilação líquida do CO₂ em plantas estressadas para saber se há relação com as alterações proteômicas associadas as etapas de fotoquímica e bioquímica da fotossíntese e à fotorrespiração, e observaram, que o padrão de proteínas relacionado às etapas fotoquímica e bioquímica da fotossíntese e à fotorrespiração são alterados pelo déficit hídrico, sendo que uma degradação proteica mais acentuada ocorre sob déficit hídrico mais severo.

Cruz *et al.* (2021) avaliaram o crescimento de plantas jovens de açaizeiro em latossolo amarelo em diferentes níveis de estresse hídrico e perceberam que déficit hídrico provocou grandes acúmulos massa seca da raiz e alocações de biomassa na raiz. No geral, a pesquisa afirma que a restrição hídrica influencia negativamente para o desenvolvimento das mudas do açaizeiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção das mudas

O experimento foi realizado na Embrapa Amazônia Oriental, localizada no município de Belém-PA (1°26'24.3"S 48°26'43.7"O), em casa de vegetação com cobertura de vidro temperado e com as laterais abertas gradeadas (Figura 1.C), o que permitiu a fluidez do ar.

Foram escolhidos três genótipos de açaizeiro: material tradicional procedente de Anajás-PA, e as cultivares BRS-Pará e BRS-Pai D'égua. As sementes desses materiais foram doadas pela Embrapa Amazônia Oriental, sendo semeadas em sementeira suspensa (Figura 1.A), contendo substrato de terra preta + serragem curtida (2:1). Após a emergência, 108 plântulas foram repicadas para vasos flexíveis de 10 litros contendo como substrato: terra preta + serragem curtida + extrato de mangueira (2:1:1), e alocadas em viveiro com sombreamento de 50% (Figura 1.B) com sistema de irrigação manual por mangueira $\frac{3}{4}$ de 250 libras.

Ao atingirem três meses, as mudas foram nutridas a cada 15 dias com adubo foliar da empresa Nutriplant na composição: 20% N, 20% P₂O₅, 20% K₂O, 0,02% de B, 0,05% de Cu, 0,01% de Mn, 0,1% de Fe, 0,02% de Mo, 0,1% de Zn. Com seis meses, o adubo foi intercalado com o fertilizante NPK (10 partes de nitrogênio, 28 partes de fósforo e 20 partes de potássio). No 7º mês, as mudas foram transferidas para casa de vegetação com controle ambiental e aclimação, onde permaneceram até o final das medições (Figura 1.C).

2.2 Delineamento experimental

Quando as plantas completaram 12 meses de idade, foi montado o delineamento experimental em blocos ao acaso. Sendo assim, deu-se o esquema fatorial com dois fatores: genótipo (BRS-Pai D'égua, Anajás e BRS-Pará) e regime hídrico (irrigado e não irrigado). A combinação dos três genótipos e dos dois regimes hídricos formou seis tratamentos, e suas parcelas foram alocadas em cinco repetições. Ao todo, foram utilizadas 30 plantas para compor este grupo experimental. No regime hídrico irrigado, as plantas tiveram irrigação plena uma vez ao dia, já para plantas com regime hídrico não irrigado, houve suspensão hídrica por 14 dias.

Após a montagem do experimento, criou-se um grupo controle com mesma definição do modelo experimental, com exceção do regime hídrico, que foi o mesmo para todas as plantas, ou seja, com irrigação plena. A intenção foi observar o comportamento dos três genótipos no ambiente inserido. Este grupo foi avaliado dois meses antes do grupo experimental.

As avaliações iniciaram em outubro de 2019. As plantas foram avaliadas pelas variáveis biométricas (não-destrutíveis e destrutíveis) e fisiológicas (trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*).

Figura 1 - Estágios de crescimento de três genótipos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart), na sementeira (A), no viveiro (B) e em casa de vegetação (C), localizados na Embrapa Amazônia Oriental.



Fonte: Autora

2.3 Variáveis biométricas e fisiológicas

O primeiro parâmetro medido foi o potencial hídrico antemanhã (Ψ_w) ocorrido as 4 horas da manhã, através da bomba de pressão do tipo Scholander, onde era preso o pecíolo do folíolo para determinação do seu status hídrico. As plantas sob regime não irrigado deveriam alcançar um Ψ_w de -2,0 Mpa para caracterizar um estresse hídrico moderado (Figura 2.A).

A segunda avaliação feita foi a biometria não-destrutiva, através das caracterizações morfológicas da planta como: altura da planta (AP- cm), diâmetro do caule apical (DCA- cm), diâmetro do caule basal (DCB- cm), número de folhas (NF- unidade). Estas medições foram realizadas com auxílio do paquímetro digital 150mm MTX-316119 e fita métrica.

No horário das 9 horas da manhã, foram medidas as trocas gasosas (Figura 2.B), de acordo com a janela de medição da espécie, sendo elas: a taxa de assimilação de CO_2 (A - $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s - $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E - $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), eficiência do uso da água (A/E - $\text{mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$) e razão do CO_2 interno e CO_2 externo ou atmosférico (C_i/C_a). Estes parâmetros foram medidos em folíolos medianos da terceira ou quarta folha a partir do ápice sob uma concentração constante externa de CO_2 de $400 \mu\text{mol mol}^{-1}$ de ar e PAR artificial de $1.000 \mu\text{mol de f\u00f3tons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ pelo analisador de fotossíntese Li-Cor LI-6400XT.

No mesmo horário que se obteve os dados de trocas gasosas, foi determinada a fluorescência da clorofila *a*, de acordo com Lima *et al.* (2002) com algumas modificações. Para obter as variáveis desejadas, foi preciso a leitura do rendimento de fluorescência em estado estacionário (F_s), que adquiriu aplicar luz actínica contínua ($900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 480 s), a fluorescência máxima (F_m') gerada através de impulsos brancos saturantes. E, posteriormente, a luz actínica foi desligada para medição da fluorescência inicial (F_o') adaptada através de luz infravermelha.

As folhas ainda foram adaptadas ao escuro por 30 minutos e depois iluminadas com uma luz fraca modulada para obter a fluorescência inicial (F_o). Em seguida, foi feita uma iluminação com pulso de luz branca saturante ($6\ 000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante 0,8 s) para obter a fluorescência máxima (F_m).

Com os dados obtidos, foi calculada a eficiência fotoquímica máxima de PSII (F_v/F_m) = $(F_v - F_o) / F_m$, a eficiência de captura de energia de excitação dos centros de reação do PSII abertos (F_v'/F_m') = $(F_m' - F_o') / F_m'$, os coeficientes de dissipação fotoquímica (q_p) = $(F_m' - F_s) / (F_m' - F_o')$, os quenching não fotoquímico (NPQ) = $(F_m / F_m') - 1$ (KRAUSE; WEIS, 1991), o

rendimento quântico real do transporte de elétrons PSII (Φ_{PSII}) = $(F_m' - F_s) / F_m'$ (GENTY *et al.*, 1989) e a taxa de transporte de elétrons (ETR) = $\phi_{PSII} \cdot PPFD \cdot 0,42$ (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

Por fim, as plantas foram retiradas dos vasos para a lavagem cautelosa de todo solo das raízes. Posteriormente, os materiais lavados seguiram para o Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis (LASS) onde foram cortados e separados. No qual, as folhas foram fotografadas para a determinação da área foliar total (AFT- dm^2). Em seguida, todo o material separado foi acondicionado em sacos de papel para a secagem em estufa a $65^\circ C$ (Figura 2.C). Após 24 horas foram pesados em balança analítica Chyo até atingirem um valor constante (Figura 2.D). Com isso, foi possível a obtenção dos parâmetros biométricos destrutíveis: matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca da raiz (MSR), expressos em gramas.

Figura 2 – Medição das plantas de três genótipos de açazeiro, de acordo com os parâmetros biométricos e fisiológicos.



Fonte: Autora

2.4 Análise dos dados

Os dados obtidos foram organizados, digitados em planilhas e analisados mediante análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e apresentado em variação porcentual. Já as imagens registradas das folhas foram editadas e mensuradas com o auxílio do software ImageJ (RASBAND, 1997).

3 RESULTADOS

3.1 Variáveis biométricas

O resultado da biometria feita nos três genótipos de açazeiro foi apresentado em dois grupos (Tabela 1) com intervalo de avaliação entre eles de dois meses. No grupo controle, composto apenas por plantas irrigadas, os genótipos não se diferiram significativamente. As plantas do genótipo nativo (Anajás) com 12 meses de idade alcançaram uma altura de 114 a 120 cm. O diâmetro do caule da base atingiu em torno de 2,8 cm e do ápice próximo de 1,4 cm. Para número de folhas, as plantas apresentaram de 6 a 7 folhas, cada uma com sua área foliar total de 23 a 29 dm².

O genótipo BRS Pai d'égua do grupo controle apresentou resultados muito próximos ao do Anajás, com altura de suas plantas variando de 110 a 114 cm, o diâmetro basal de 2,87 a 2,95cm, e o apical 1,36-1,42 cm. Com média de 7 folhas e área foliar total de 24,33 a 28,56 dm². O BRS Pará mostrou uma altura média de 111 a 114 cm, os diâmetros basal e apical 2,88 a 2,97 cm, 1,36 a 1,39 cm, respectivamente. Em relação as folhas esse genótipo teve uma média de 6 folhas medindo uma área foliar total de 24 a 28dm².

Após um intervalo de dois meses desde a mensuração do grupo controle, os resultados da avaliação feita no grupo experimental (Tabela 1) mostraram aumentos no crescimento referente as plantas irrigadas. O genótipo Anajás IRR teve um aumento de 15% na altura em relação ao Anajás IRR1 do grupo controle, seguindo de 21% de crescimento no diâmetro basal, 15% no diâmetro apical e 47% em área foliar total. As plantas do BRS Pai d'égua IRR comparadas ao BRS Pai D'égua IRR1, tiveram aumentos de 14%, 24%, 25% e 134% para as variáveis AP, DCB, DCA e AFT, respectivamente. Enquanto o BRS Pará IRR teve um

crescimento 16%, 16%, 25% e 109%, seguindo a mesma ordem das variáveis citadas acima.

Para NF não foi observado aumentos na quantidade de folhas.

Tabela 1 - Médias e desvios padrão para cinco parâmetros biométricos: altura da planta (AP), diâmetro do caule basal (DCB), diâmetro do caule do apical (DCA), número de folha (NF) e aérea foliar total (AFT) por planta avaliados em três genótipos de açaizeiro (*E. oleracea*). Realizado em duas avaliações: Grupo Controle (regime hídrico irrigado: IRR1 e IRR2) e Grupo Experimental (regime hídrico irrigado= IRR; não irrigado= NIR).

TRATAMENTO	AP (cm)	DCB (cm)	DCA (cm)	NF (unid)	AFT (dm ²)
Grupo Controle					
Anajás IRR1	114,96 ±11,82 a	2,86 ±0,1 a	1,44 ±0,16 a	6 ±0,55 a	29,30 ±7,93 a
Anajás IRR2	119,66 ±10,96 a	2,75 ±0,05 a	1,29 ±0,12 a	7 ±0,45 a	23,62 ±3,37 a
BRS Pai D'égua IRR1	114,22 ±7,45 a	2,87±0,01 a	1,36 ±0,15 a	7 ±0,55 a	24,33 ±7,17 a
BRS Pai D'égua IRR2	110,96 ±5,86 a	2,95 ±0,01 a	1,42 ±0,20 a	7 ±0,45 a	28,56 ±7,28 a
BRS Pará IRR1	111,54 ±9,34 a	2,97 ±0,01 a	1,36 ±0,08 a	6 ±0,55 a	24,46 ±4,90 a
BRS Pará IRR2	114,08 ±6,27 a	2,88 ± 0,01 a	1,39 ±0,15 a	6 ±0,89 a	28,43 ±5,67 a
Grupo Experimental					
Anajás IRR	132,6 ±7,82 a	3,45 ±0,11 ab	1,65 ±0,26 a	7 ±0,55 ab	43,1 ±7,18 ab
Anajás NIR	128,94 ±9,65 a	3,09 ±0,29 ab	1,68 ±0,14 a	5 ±1,3 ab	31,56 ±3,64 b
BRS Pai D'égua IRR	129,76 ±10,03 a	3,56 ±0,24 a	1,70 ±0,2 a	7 ±0,55 ab	57,03 ±10,86 a
BRS Pai D'égua NIR	128,46 ±11,11 a	3,01 ±0,37 b	1,35 ±0,06 a	5 ±0,89 ab	31,81 ±6,34 b
BRS Pará IRR	135,16 ±4,50 a	3,45 ±0,32 ab	1,70 ±0,27 a	7 ±0,71 a	51,19 ±13,66 a
BRS Pará NIR	133,46 ±13,75 a	3,05 ±0,23 b	1,38 ±0,21 a	4 ±0,89 b	25,77 ±7,73 b

¹Médias seguidas de letra igual ou duas letras na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 0,05 de probabilidade.

Após um intervalo de dois meses desde a mensuração do grupo controle, os resultados da avaliação feita no grupo experimental (Tabela 1) mostraram aumentos no crescimento referente as plantas irrigadas. O genótipo Anajás IRR teve um aumento de 15% na altura em relação ao Anajás IRR1 do grupo controle, seguindo de 21% de crescimento no diâmetro basal, 15% no diâmetro apical e 47% em área foliar total. As plantas do BRS Pai d'égua IRR comparadas ao BRS Pai D'égua IRR1, tiveram aumentos de 14%, 24%, 25% e 134% para as variáveis AP, DCB, DCA e AFT, respectivamente. Enquanto o BRS Pará IRR teve um crescimento 16%, 16%, 25% e 109%, seguindo a mesma ordem das variáveis citadas acima. Para NF não foi observado aumentos na quantidade de folhas.

Houve respostas significativas ($p < 0,05$) entre plantas irrigadas e não irrigadas do grupo experimental. Na variável DBC (Tabela 1), no qual se destaca o BRS Pai d'égua NIR com redução no crescimento de 18% do diâmetro em relação a irrigada. As plantas do BRS Pará NIR tiveram um decréscimo de 43% no número de folhas. Esses dois genótipos

apresentaram menores áreas foliares (AFT), no qual o BRS Pai d'égua NIR perdeu 56% e o BRS Pará NIR diminuiu 50%.

Nos resultados de matéria seca (Tabela 2), o grupo controle não mostrou diferenças de peso entre os genótipos. As plantas do Anajás tiveram peso da parte aérea de até 36,81g, BRS Pai d'égua 37,60g e do BRS Pará foi de 39,89g. Enquanto os valores da parte da seca raiz foram em torno de 17,55g da variedade nativa, até 18,56g para BRS Pai d'égua e 19,27g para o BRS Pará.

O material seco da parte aérea (MSPA) de plantas irrigadas do grupo experimental (Tabela 2), mostraram um aumento do peso em relação ao grupo controle de 45% no Anajás IRR, 64% no BRS Pai d'égua IRR e 77% no BRS Pará IRR. Para MSR, fazendo a mesma comparação, aumentos de peso na raiz de 55%, 58% e 75% nos genótipos Anajás IRR, BRS Pai d'égua IRR e BRS Pará IRR, respectivamente. No grupo experimental (Tabela 2), as plantas do BRS Pai d'égua NIR e BRS Pará NIR tiveram um peso 44% menor na parte MSPA que plantas irrigadas. Já nas avaliações de matéria seca da raiz, não demonstraram diferenças significativas.

Tabela 2 - Médias e desvio padrão para massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) avaliadas em três genótipos de açaizeiro (*E. oleracea*). Realizado em duas avaliações: Grupo Controle (regime hídrico irrigado: IRR1 e IRR2) e Grupo Experimental (regime hídrico irrigado= IRR; não irrigado= NIR).

TRATAMENTO	MSPA (g)	MSR (g)
Grupo Controle		
Anajás IRR1	36,81 ±3,94 a	17,55 ±3,52 a
Anajás IRR2	33,35 ±5,10 a	14,63 ±1,80 a
BRS Pai D'égua IRR1	37,60 ±6,94 a	18,56 ±4,74 a
BRS Pai D'égua IRR2	35,98 ±3,14 a	16,33 ±2,91 a
BRS Pará IRR1	34,69 ±6,37 a	17,86 ±4,35 a
BRS Pará IRR2	39,89 ±2,39 a	19,27 ±3,63 a
Grupo Experimental		
Anajás IRR	53,34 ±4,41 ab	27,11 ±5,5 a
Anajás NIR	43,87 ±9,39 b	22,67 ±4,23 a
BRS Pai D'égua IRR	61,76 ±6,41 a	29,26 ±10,11 a
BRS Pai D'égua NIR	42,74 ±9,06 b	20,22 ±5,48 a
BRS Pará IRR	61,51 ±8,66 a	31,19 ±3,59 a
BRS Pará NIR	42,56 ±4,41 b	23,20 ±4,40 a

¹Médias seguidas de letra igual ou duas e duas letras na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.2 Variáveis fisiológicas

Com as trocas gasosas realizadas no grupo controle, foram obtidos resultados de potencial hídrico (Ψ_w), onde todas as plantas tiveram um status hídrico em torno de -0,2 Mpa (Figura 3.A). As outras variáveis estudadas também não apresentaram resultados significativos entre genótipos ($p > 0,05$). Sendo assim, a fotossíntese, representada pela taxa de assimilação líquida do CO_2 (A), das plantas do Anajás foi $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e de 5 a $7 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ assimilados pelas plantas dos genótipos BRS Pai d'égua e BRS Pará (Figura 3.B). A condutância estomática (Figura 3.C), do Anajás foi de 0,06 a $0,07 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e 0,07 a $0,12 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ para BRS Pai d'égua e BRS Pará.

A transpiração (Figura 3.D) das plantas do Anajás oscilou de 1,4 a $1,8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, em média. Assim como, para os genótipos do BRS Pai D'égua ($\text{IRR}_1 = 1,5 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $\text{IRR}_2 = 2,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e BRS Pará ($\text{IRR}_1 = 2,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; $\text{IRR}_2 = 1,4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Já na relação da última variável com a fotossíntese (A/E), o Anajás mostrou uma eficiência de até $3,8 \text{ mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ (Figura 3.E), o BRS Pai d'égua alcançou de 2,7 a $3,9 \text{ mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ e o BRS Pará de 2,8 a $4,4 \text{ mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$. Para Ci/Ca , as plantas do Anajás apresentaram em torno de até 0,24, BRS Pai d'égua de 0,16 a 0,25, assim como, para BRS Pará (Figura 3.F).

No grupo experimental, foi observada diferenciação ($p < 0,05$) no potencial hídrico (Figura 4.A) entre regimes hídricos. As plantas irrigadas do Anajás, BRS Pai d'égua e BRS Pará tiveram um status hídrico de -0,3, -0,2 e -0,2 Mpa, respectivamente. Já em plantas com suspensão de irrigação, seguindo a mesma ordem dos genótipos, alcançaram valores -1,9, -2,1 e -2,1 Mpa respectivamente. Representando uma redução no status hídrico de 84% em plantas do Anajás, seguido de 90% do BRS-Pai d'égua e BRS-Pará, caracterizando um estresse hídrico por seca moderado.

Na taxa de assimilação de CO_2 (Figura 4.B), foram encontradas diferenças significativas ($p < 0,05$) entre plantas irrigadas do Anajás ($\text{IRR} = 4,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e BRS Pai d'égua ($\text{IRR} = 6,4 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), o que representa uma assimilação de CO_2 30% maior pelas plantas do BRS Pai d'égua em relação ao outro genótipo. Vale ressaltar que houve reduções significativas na taxa de fotossíntese, sendo o as plantas do Anajás que estavam, na média, medindo $4,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ sofreram uma queda de 78% quando atingiram o estresse hídrico moderado ($\text{NIR} = 0,97 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$). O mesmo ocorreu com o genótipo BRS Pai d'égua ($\text{IRR} =$

6,4 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; NIR= 2,0 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com redução de 69% e o BRS Pará (IRR= 5,8 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; NIR= 1,5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) com 74%.

As plantas irrigadas da cultivar BRS Pará (IRR= 0,05 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) tiveram sua condutância estomática (Figura 4.C) 47% maior que o ecotipo Anajás (IRR = 0,10 $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Já entre regimes hídricos, os genótipos Anajás, BRS Pai d'égua e BRS Pará tiveram quedas nos valores de g_s de 86%, 90% e 92%, respectivamente. Outra variável que sofreu reduções foi E , as plantas irrigadas do Anajás transpiraram em torno de 2,1 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, seguido de 2,8 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ do BRS pai d'égua e 3,2 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ do BRS Pará, em plantas estressadas a transpiração caiu 89% na variedade nativa e 91% nos outros dois genótipos.

Na relação A/E (Figura 4.E) as plantas do Anajás tiveram um comportamento muito semelhante nas duas condições hídricas (IRR= 2,7 $\text{mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$; NIR= 3,2 $\text{mols CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$). Enquanto as plantas estressadas dos genótipos BRS Pai d'égua e BRS Pará se mostraram 47% e 65%, respectivamente, mais eficientes que as irrigadas no uso da água. Houve aumento notável também na razão C_i/C_a (Figura 4.F), em relação aos dois regimes hídricos, o ecotipo nativo foi o único a apresentar um aumento significativo de 74%.

Nos parâmetros F_v/F_m (Figura 5.A) e F'_v/F'_m (Figura 7.B), houve perdas significativas de 22% e 40%, respectivamente, pelas plantas sob estresse hídrico do genótipo BRS Pará. Por outro lado, o BRS Pai d'égua teve uma diminuição em 48% em q_p (Figura 5.C). Nesta ordem, os dois genótipos tiveram reduções de 62% e 58% em ΦPSII (Figura 7.D) e no ETR (Figura 5.E) 63% e 57%. Quanto ao NPQ (Figura 7.F), não apresentou diferenças significativas.

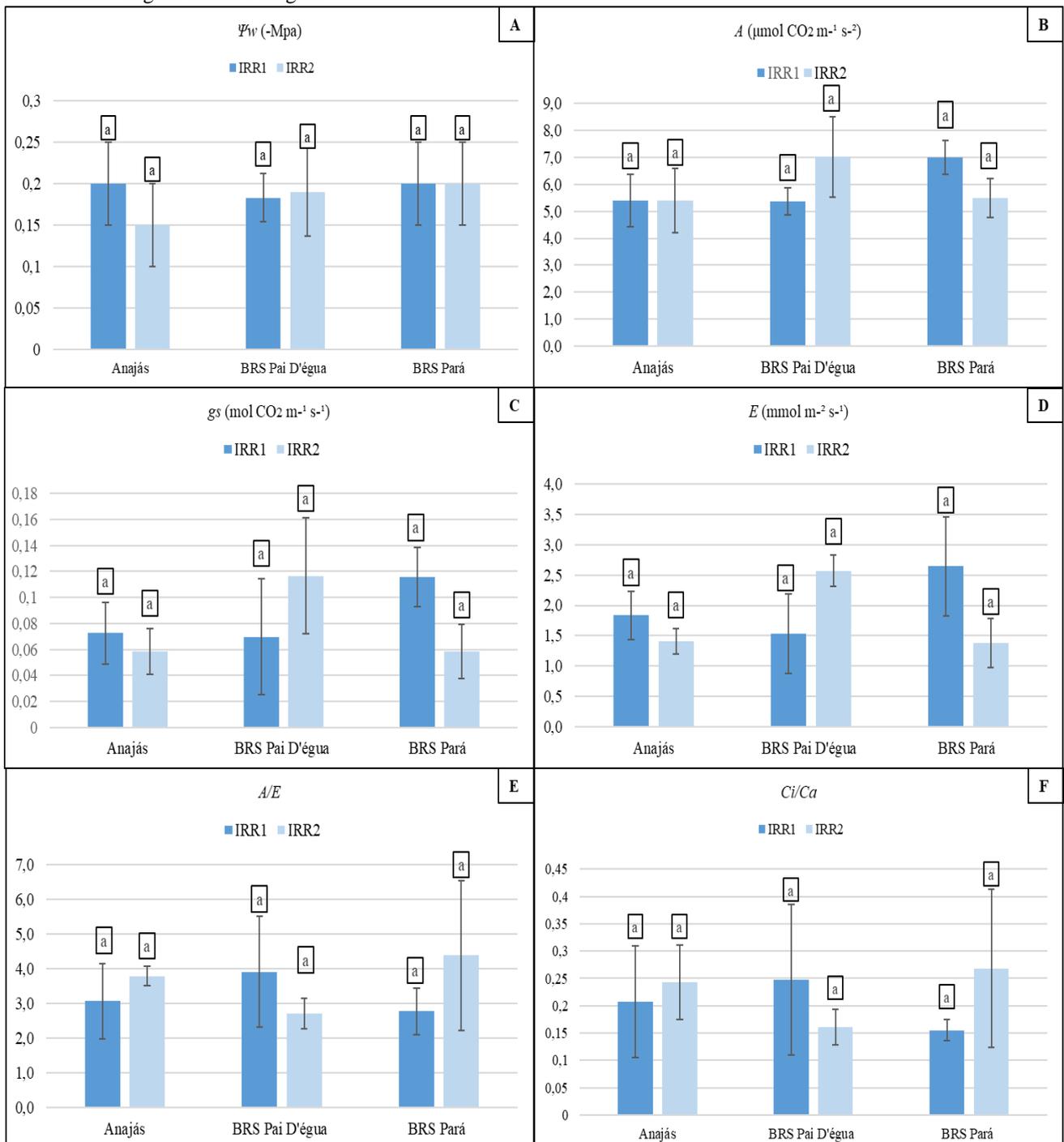
4 DISCUSSÃO

4.1 Variáveis biométricas

A avaliação com o grupo controle serviu de observação caso as plantas dos genótipos estudados apresentassem, em mesma condição hídrica, distinções em alguma característica morfológica. Porém, esses materiais tiveram tamanhos e comprimentos aproximados. O mesmo foi observado nas análises de trocas gasosas e fluorescência da clorofila. Dessa forma, é possível inferir que mudas de genótipos diferentes mantidas em viveiro com mesma nutrição e irrigação mantêm crescimento vegetativo muito próximo. Tal ocorrência foi também constatada por Silvestre *et al.* (2016). Mesmo não havendo distinções no grupo controle, a apresentação

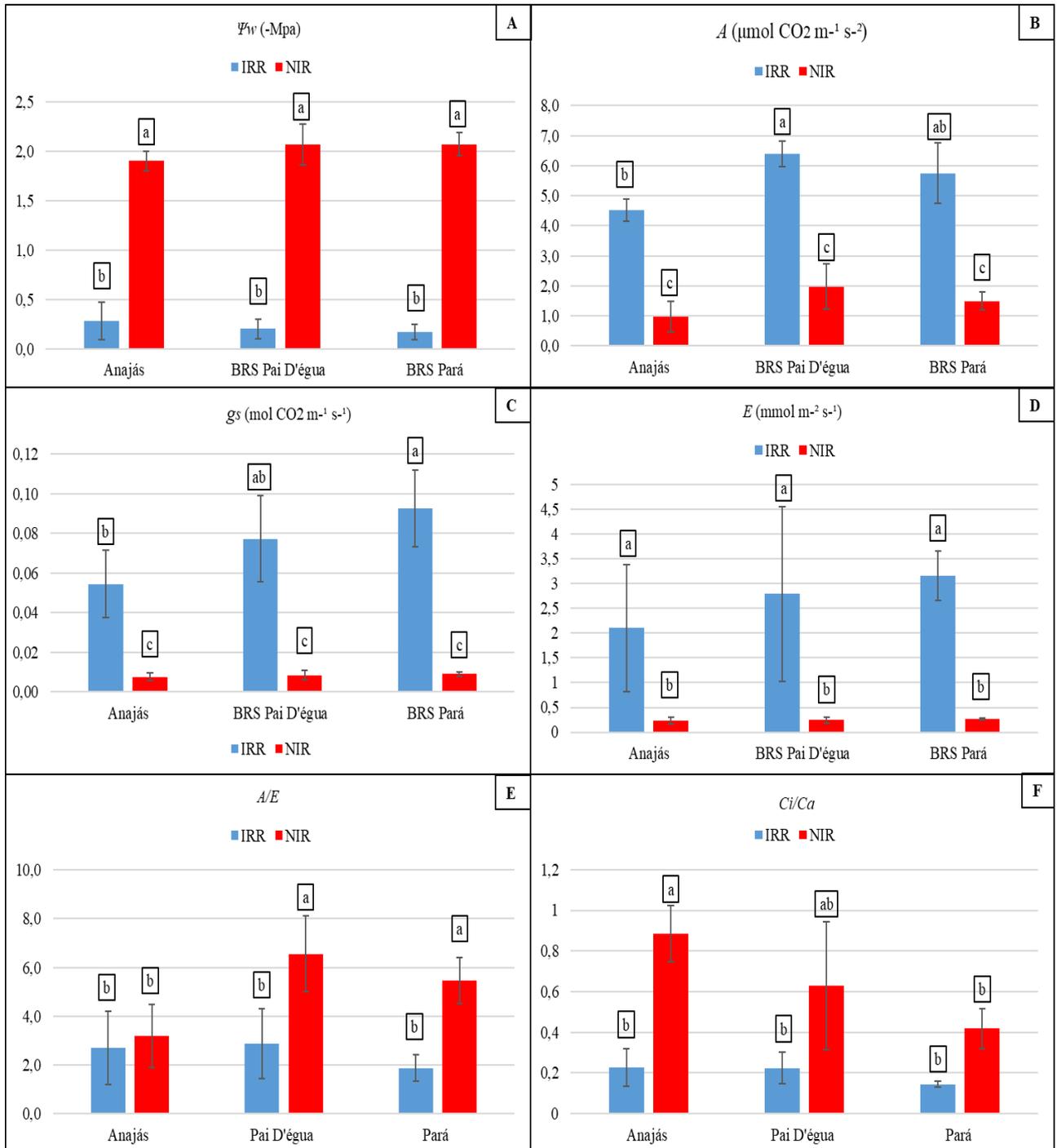
de informações a respeito de plantas jovens do açaizeiro tem grande importância para o enriquecimento de pesquisas sobre o comportamento morfológico em fase juvenil.

Figura 3 – Médias e desvio padrão dos tratamentos do grupo controle envolvendo três genótipos do açaizeiro (*E. oleracea*) avaliados pelas variáveis: potencial hídrico (Ψ_w ; Figura 3.A), taxa de assimilação líquida de CO_2 (A ; Figura 3.B), condutância estomática (g_s ; Figura 3.C), transpiração (E ; Figura 3.D), eficiência instantânea do uso da água (A/E ; Figura 3.E), relação de concentração de CO_2 interna e externa (C_i/C_a ; Figura 3.F), submetidos a mesmo regime hídrico irrigado.



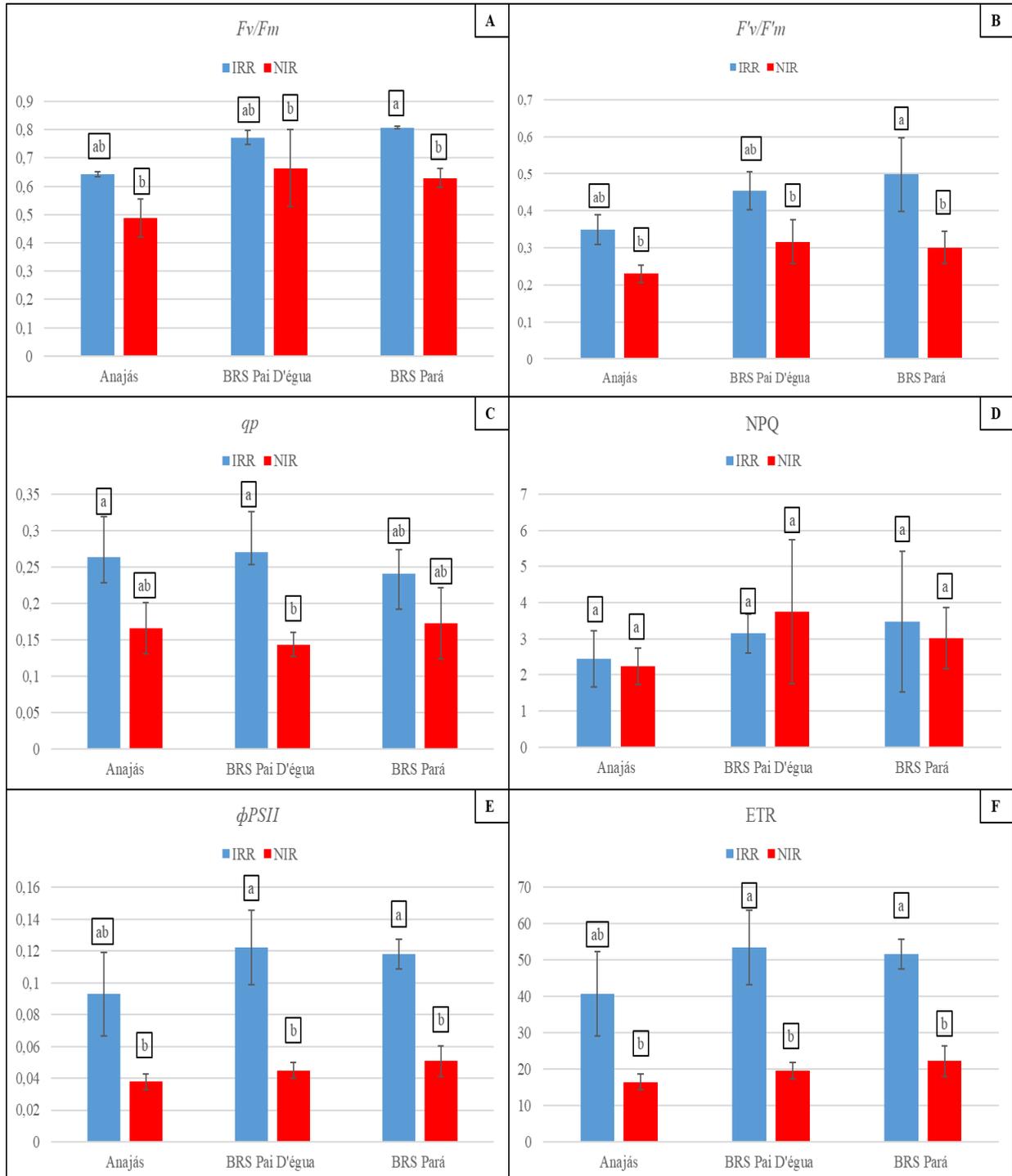
¹Médias seguidas de letra igual ou duas e duas letras na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 4 - Médias e desvios padrão do grupo experimental envolvendo três genótipos do açaizeiro (*E. oleracea*) avaliados pelas variáveis: potencial hídrico (Ψ_w ; Figura 4.A), taxa de assimilação líquida de CO_2 (A ; Figura 4.B), condutância estomática (g_s ; Figura 4.C), transpiração (E ; Figura 4.D), eficiência instantânea do uso da água (A/E ; Figura 4.E), relação de concentração de CO_2 interna e externa (C_i/C_a ; Figura 4.F), submetidos a dois regimes hídricos (Irrigado= IRR; Não irrigado=NIR).



¹Médias seguidas de letra igual ou duas e duas letras na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Figura 5 – Médias e desvios padrão do grupo experimental envolvendo três genótipos do açaizeiro (*E. oleracea*) avaliados pelos parâmetros: eficiência fotoquímica máxima de PSII (F_v/F_m ; Figura 5.A), eficiência de captura de energia de excitação dos centros de reação do PSII abertos (F'_v/F'_m ; Figura 5.B), coeficiente de dissipação fotoquímica (qp ; Figura 5.C), coeficiente de dissipação não-fotoquímico (NPQ; Figura 5.D), rendimento quântico real do transporte de elétrons do PSII (ϕ_{PSII} ; Figura 5.E), taxa de transporte de elétrons (ETR; Figura 5.F), submetidos a dois regimes hídricos (Irrigado=IRR; Não irrigado=NIR).



¹Médias seguidas de letra igual ou duas e duas letras na coluna não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No grupo experimental, os valores de grande parte das variáveis morfométricas (diâmetro do caule basal, número de folhas, área foliar total e massa seca da parte aérea) foram baixos em plantas não irrigadas. Blum (1997) considera a área foliar e o acúmulo de massa seca na parte aérea, como variáveis mais sensíveis ao estresse. Isto é evidenciado nas reduções de área foliar e no peso da parte aérea em plantas não irrigadas do BRS Pai d'égua (AFT= 56%; MSPA= 44%) e BRS Pará (AFT= 50%; MSPA= 44%). O mesmo ocorreu nos trabalhos de Cruz *et al.* (2021) envolvendo açazeiros jovens, que inteiraram junto a outros autores (SILVESTRE *et al.*, 2017; KERBAUY, 2019, PEIXOTO *et al.*, 2020), de que a planta numa condição de estresse hídrico pode mover sua biomassa para as raízes, com isso a parte radicular tende a crescer mais do que a parte aérea da planta para buscar água no solo. Sendo assim, isso pode explicar o motivo de plantas não irrigadas dos três genótipos não apresentarem uma redução significativa na MSR (Tabela 2).

As variáveis MSPA e MSR indicaram um comportamento preventivo e estratégico das plantas sob estresse hídrico das cultivares BRS Pai d'égua e BRS Pará, que reduziram sua massa na parte aérea, mas mantiveram seu crescimento radicular. Alguns autores afirmam que o ligeiro dessecação do solo cause uma maior concentração de ABA no xilema e alteração da Lp da raiz e do xilema, induzindo o fechamento estomático nas horas mais quentes do dia, e a diminuição do crescimento na folha. Enquanto isso, a expansão celular da raiz pode se manter, pois o ABA, que foi acumulado na raiz, impede a produção de etileno alterando a elasticidade e a parede das células da raiz, permitindo o crescimento radicular (HARTUNG *et al.*, 2002; STEUDLE, 2000; JAVOT; MAUREL, 2002; TARDIEU; IMONNEAU, 1998; HSIAO, 1973; YORDANOV *et al.*, 2000; CHAVES *et al.*, 2002; SHARP; LENOBLE, 2002; PIMENTEL, 2004).

Entre os três genótipos, o nativo (Anajás) não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos irrigados e não irrigados. Mesmo assim, seus valores de AFT (Tabela 1) e MSPA (Tabela 2) em plantas não irrigadas coincidem com os das cultivares BRS Pai d'égua NIR e BRS Pará NIR. Sustentando de as plantas do genótipo Anajás adotaram a mesma estratégia que foi seguida pelos outros genótipos. Dessa forma, o comportamento morfológico mostrou que os três genótipos do açazeiro demonstraram sensibilidade ao déficit hídrico. Em um estudo comparando o açazeiro com a juçara (*E. edulis*) em situação de déficit hídrico, mostrou que o desenvolvimento radicular foi mais pronunciado no açazeiro, constatando maior sensibilidade

frente às variações da disponibilidade hídrica do substrato e acúmulo de biomassa (TAVARES, 2017).

4.2 Variáveis fisiológicas

Na medida em que o potencial hídrico da planta cai, sua primeira estratégia de adaptação às condições extremas é o fechamento estomático afim de evitar perdas de água via transpiração (FLEXAS; MEDRANO, 2002), sendo possível observar pelos baixos valores de g_s . O que indica uma estratégia das plantas em manter um balanço hídrico positivo, minimizando assim, a perda de água para a atmosfera. No entanto, o fechamento estomático vai aumentando a resistência de difusão do CO_2 para o sítio catalítico da Rubisco, levando a um efeito negativo nos valores do carbono intercelular, resultando na queda de A (DAMOUR; VANDAME; URBAN, 2009).

As plantas irrigadas dos genótipos BRS Pai d'égua e BRS Pará mostraram, na mesma ordem, um desempenho superior na fotossíntese e condutância estomática em relação ao ao genótipo Anajás. Porém, 14 dias de suspensão hídrica acarretaram na queda da fotossíntese e da condutância estomática, para os três genótipos e, conseqüentemente, as plantas reduziram sua taxa transpiratória para evitar perda de água para atmosfera. Mesmo assim, o BRS Pai d'égua e BRS Pará foram mais eficientes no uso da água e na fixação de carbono, devido aos altos valores de A/E e nos baixos valores de na razão C_i/C_a .

E com base na relação C_i/C_a pode-se constatar a eficiência ou ineficiência nas reações de fixação de carbono, sendo que quanto mais se aproximar de 1 essa razão, menos eficiente será este processo, em razão de problemas na maquinaria fotossintética (GUERRA; COSTA; TAVARES, 2017). Dessa forma, o genótipo Anajás apresentou alta taxa na relação C_i/C_a evidenciando essas plantas tem sensibilidade estomática inferior no controle fotossintético e acabam perdendo mais água que as demais plantas dos outros genótipos, o mesmo comportamento foi observado por Souza (2012).

Os resultados de AFT e E tem relação concordante com os autores Silvestre *et al.* (2016) pelo menos em parte, as diminuições no AFT, podendo contribuir para a redução da transpiração da planta e em mudas de ambos materiais avaliados submetidos. Isso pode ter favorecido menos perda de água pela planta para atmosfera aumentando os valores de A/E .

A redução da relação F_v/F_m é um ótimo indicador de efeito fotoinibitório quando as plantas estão submetidas a qualquer tipo de estresse, podendo ser representativo tanto por uma regulação fotoprotetora reversível quanto uma inativação irreversível do PSII (ARAÚJO; DEMINICIS, 2009). Ressaltando, que numa planta com seu aparelho fotossintético intacto, a razão F_v/F_m deve variar entre 0,75 e 0,85 (BOLHÀR-NORDENKAMPF *et al.*, 1989). Dessa forma, os resultados mostraram uma possibilidade de as plantas estressadas dos três materiais genéticos sofrerem algum efeito fotoinibitório. Nos resultados de F_v/F_m no trabalho de Oliveira *et al.* (2018), as plantas do genótipo BRS Pará tiveram, mesmo em estresses severos, valores semelhantes a faixa indicada por Bolhàr-Nordenkampf *et al.* (1989).

Em condições ótimas, F_v'/F_m' está associada a integridade das proteínas D1, as quais são responsáveis pela transferência de elétrons da água para a Chl_a associada ao PSII (LUCAS *et al.*, 2014), tendo relação com a dissipação da energia termal no sistema antena (DEMMIG-ADAMS *et al.*, 1985). Nos resultados obtidos, é possível observar, que, apesar da redução na eficiência de captura de excitação pelos centros abertos em plantas estressadas da BRS Pará, essa radiação luminosa foi absorvida em dissipação fotoquímica (q_p), tendo em vista que os valores em plantas estressadas não diminuíram significativamente. Já a BRS Pai d'égua concentrou uma parte em dissipação na forma de calor (NPQ) devido aos valores em plantas sob restrição hídrica não sofrerem baixas.

Os incrementos de ETR que o acceptor quinona (Qa) é altamente oxidado e sua energia de excitação é utilizada no transporte de elétrons, evitando assim os fotodanos, e também, podem indicar maior capacidade das plastoquinonas para realizar as reações de oxido-redução (SURESH *et al.*, 2012; SAMANIEGO-GÃMEZ *et al.*, 2016). Sendo assim, nesse estudo os valores de ETR e Φ_{PSII} diminuíram em plantas estressadas do BRS Pai d'égua e no BRS Pará, por processos fotoinibitórios ou fotooxidativos na etapa fotoquímica da fotossíntese, o que contribuiu para a restrição da absorção de carbono observada através dos dados de trocas gasosas, como ocorreu com Souza (2012) em mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L. var Catuaí vermelho 44). Já o genótipo Anajás não irrigado, apesar de não ser evidente variações significativas em relação as plantas irrigadas, seu comportamento é parecido com os outros genótipos.

No geral, os resultados mostraram que as plantas do BRS Pai d'égua e BRS Pará manifestaram mais respostas ao déficit hídrico que o Anajás, porém, não foi observado distinção no comportamento fisiológico nesses dois genótipos. O mesmo foi notado por

Oliveira *et al.* (2020) ao estudar dois acessos de pinheira (*Annona squamosa* L.), eles sugeriram que as características de adaptação das pinheiras às condições de estresse hídrico sejam a nível celular. Dessa forma, é válido estudos mais aprofundados envolvendo um maior número de amostras, fazendo a inclusão de análises químicas e moleculares, e, também, estudos de reidratação e seus efeitos no metabolismo vegetal, para melhor observação do desempenho dos dois materiais genéticos do açazeiro.

4.2.1 Conclusão

O crescimento vegetativo em genótipos de açazeiro jovem sob estresse hídrico moderado, demonstraram melhores respostas morfológicas e fisiológicas para as cultivares BRS Pai d'égua e BRS Pará. As plantas reduziram seu crescimento de forma branda, assim como, sua atividade fotossintética, mas, mantiveram uma boa eficiência fotoquímica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, S. A. do C.; DEMINICIS, B. B. Fotoinibição da Fotossíntese. **R. bras. Bioci.**, Porto Alegre, v. 7, n. 4, p. 463-472, 2009.

ASADA, K. The water–water cycle in chloroplasts: scavenging of activeoxygen and dissipation of excess photons, **Annu. Rev. Plant Physiol.Plant Mol. Biol.** v. 50, p.601–639, 1999.

BAKER, N. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo*. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 89-113, 2008.

BENTES- GAMA, M. de M.; RIBEIRO, G. D.; FERNANDES, C. de F.; MEDEIROS, I. M. de. **Açaí (*Euterpe spp.*): características, formação de mudas e plantio para a produção de frutos**. Circular Técnica, 80. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005. 6 p.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *In*: BELHASSEN, E. **Drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological and molecular biological analysis**. (Ed.). Reprinted from *Plant Growth Regulation*, v. 20, n. 2, 1996. p. 57-70.

BJÖRKMAN, O.; DEMMING, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 k among vascular plants of diverse origins. **Planta**, v.170, p.61-66, 1987.

BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G.. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrument. **Functional Ecology**, v.3, p.497-514, 1989.

CAKMAK I.; HORST, J. Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). **Physiol Plant**, v. 83, p. 463–468, 1991.

CAMPOSTRINI, E. Fluorescência da clorofila a: considerações teóricas e aplicações práticas. UFNF. Rio de janeiro, 2001. Disponível em: http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/CENTRO_CCTA_1629_1112121492.pdf. Acesso em: 20 dez 2020.

CASTRO, G. L. S.; REGO, M. C. F.; SILVESTRE, W. V. D.; BATISTA, T. F. V.; SILVA, G. B. Açaí palm seedling growth promotion by rhizobacteria inoculation. **BRAZILIAN JOURNAL OF MICROBIOLOGY (ONLINE)**, v.51, p. 205-216, 2020.

CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSORIO, 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.

CORDEIRO, Y. E. M.; TAVARES, F. B.; NASCIMENTO, A. W de S.; PENA, H. W. A. Aspectos bioquímicos de plantas jovens de açaizeiro (*Euterpe oleracea*) sob dois regimes hídricos na Amazônia Oriental. **Biota Amazônia** (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota), v. 7, n. 3, p. 52-56, 2017.

COSTA, N. C.; SILVA, A. C. da; CORRÊA, N. C. F.; BOTELHO, V. A. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO CAROÇO DE AÇAÍ (EUTERPE OLERACEA MART.) TORRADO DESTINADO À PRODUÇÃO DE UMA BEBIDA QUENTE. **Avanços Em Ciência E Tecnologia De Alimentos**, Guarujá-SP, v. 2, n. 1, cap. 5, p. 73-82, 2020.

CRUZ, M. S. F. V.; FARIAS, P. M. R.; ALVES, J. D. N.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; SAUMA FILHO, M.; SILVA, J. V. S.; AGUIAR, A. C. S.; SILVA, P. M.; PINHEIRO, M. C.; OLIVEIRA, J. N. Crescimento e desenvolvimento de plantas jovens de açaizeiro sob déficit hídrico em Latossolo Amarelo. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e496101220582, 2021.

DAMOUR, G.; VANDAME, M.; URBAN, L. Long-term drought results in a reversible decline in photosynthetic capacity in mango leaves, not just a decrease in stomatal conductance. **Tree physiology**, Oxford, v. 29, n. 5, p. 675-684, 2009.

DAMATTA, F. M. Drought as a multidimensional stress affecting photo-synthesis in tropical tree crops, in: A. Hemantaranjan (Ed.), **Advances in Plant Physiology**, v. 5, Scientific Publishers, Jodhpur, p.227–265, 2003.

DEMMING-ADAMS, B.; ADAMS, W.W.; BAKER, D. H.; LOGAN, B. A.; Bowling, D.R.; Verhoeven, A.S. Using chlorophyll fluorescence to assess the fraction of absorbed light allocated to thermal dissipation of excess excitation. **Physiologia Plantarum**, v. 98, p. 253–264, 1996.

EMBRAPA. **BRS Pai d'Égua - cultivar de açaizeiro irrigado de terra firme**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4707/brs-pai-degua---cultivar-de-acaizeiro-irrigado-de-terra-firme->> Acesso: 06 set. 2020.

FARIAS NETO, J. T. de; RESENDE, M. D. V. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 532-539, 2011.

FARIAS NETO, J. T. de; YOKOMIZO, G. K. I. ; OLIVEIRA, M. do S. P. de ; HONGYU, K. GGE Biplot para estabilidade e adaptabilidade em progênies de açaizeiro de Anajás, PA. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 12, p. 409-417, 2018.

FLEXAS, J and MEDRANO, H. Energy dissipation in C3 plants under drought. **Funct. Plant Biol.** v. 29, p. 1209-1215, 2002.

FOYER, C.H.; LELANDAIS M.; KUNERT, K. J. Photooxidative stress in plants. **Physiologia Plantarum**. v. 92, p. 698–717, 1994.

GENTY, B., BRIANTAIS.; J.M.; BAKER, N.R. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 990, p. 87–92, 1989.

GONÇALVES, E. R., FERREIRA, V. F., SILVA, J. V., ENDRES, L., BARBOSA, T. P. & DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 14, 378–386, 2010.

GORDON, A.; CRUZ, A. P. G.; CABRAL, L. M. C.; FREITAS, S. C. de; TAXI, C. M. A. D.; DONANGELO, C. M.; MATTIETTO, R. DE A.; FRIEDRICHA, M.; MATTA, V. M. da; MARX, F. Chemical characterization and evaluation of antioxidant properties of Açaí fruits (*Euterpe oleracea* Mart.) during ripening. **Food chemistry**, v. 133, n. 2, p. 256-263, 2012.

HARTUNG, W.; SAUTER, A.; HOSE, E. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where it go to? **J. Exp. Bot.** v.53, p. 27- 32, 2002.

HENDERSON, A. The genus *Euterpe* in Brazil. **Sellowia**, v. 49-52, p. 1-22, 2000.

HOMMA, A. K. O. **Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. 468p.

HSIAO, T. C Plant responses to water stress. **Ann. Rev. Plant Phys.**, v. 24, p. 519-570, 1973.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura: Quantidade produzida e valor da produção na extração vegetal do açaí. Pará, 2017.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; WAHID, A.; FAROOQ, M.; AL-JUBURI, H.J.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Drought Stress in Plants: A Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. **International Journal Agricultural and Biology**, v. 11, p. 100-105, 2009.

JALEEL, C.A.; SANKAR, B.; MURALI, P.V.; GOMATHINAYAGAM, M.; LAKSHMANAN, G. M. A.; PANNEERSELVAM, R. Water deficit stress effects on reactive oxygen metabolism in *Catharanthus roseus*; impacts on ajmalicine accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.62, n.1, p.105-111, 2008.

JAVOT, H.; MAUREL, C. The role of aquaporins in root water uptake. **Annals of Botany**, v. 90, p. 301- 313.178, 2002.

KANG, J.; LI, Z.; WU, T.; JENSEN, G. S.; SCHAUSS, A. G.; WU, X. Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from acai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). **Food Chemistry**, v. 122, n. 3, p. 610-617, 2010.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Guanabara Koogan. 2019. 413 p.

KRAUSE, G.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annu Rev Plant Physiol Plant Molec Biol**, v. 42, p. 313-349, 1991.

LADJAL, M.; EPRON, D.; DUCREY, M. Effects of drought preconditioning on thermotolerance of photosystem II and susceptibility of photosynthesis to heat stress in cedar seedlings. **Tree physiology**, v. 20, n. 18, p. 1235- 1241, 2000.

LUCAS, J. A.; GARCÍA-CRISTOBAL, J.; BONILLA, A.; RAMOS, B.; GUTIERREZ-MAÑERO, J. Beneficial rhizobacteria from rice rhizosphere confers high protection against biotic and abiotic stress inducing systemic resistance in rice seedlings. **Plant Physiol Biochem**, vol 82, pg.:44–53, 2014.

MAXWELL, K., AND JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. **J. Exp. Bot.** v. 51, p. 659-668, 2000.

MORGAN, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 35, p. 299-319, 1984.

NASCIMENTO, W. M. O. do; GATTI, L. A. P. **Produção de mudas de açaizeiro em recipientes de diferentes volumes**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental, 143. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2020. 17 p.

NILSEN, E.T.; ORCUTT, D.M. **Physiology of plants under stress: abiotic factors**. New York: John Wiley & Sons, 1996. 689 p.

OLIVEIRA, Helen Oliveira de. **Alterações fisiológicas e proteômicas associadas ao comportamento fotossintético de mudas de açaizeiro submetidas ao déficit hídrico**. Orientador: Hugo Alves Pinheiro. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agropecuária) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-PA, 2017.

OLIVEIRA, H.O.; CASTRO, G.L.S.; CORREA, L.O.; SILVESTRE, W.V.D.; NASCIMENTO, S.V.; VALADARES, R.B.S.; OLIVEIRA, G.C.; SANTOS, R.I.N.; FESTUCCI-BUSELLI, R.A.; PINHEIRO, H.A. Coupling physiological analysis with proteomic profile to understand the photosynthetic responses of young *Euterpe oleracea* palms to drought. **Photosynth Res.** n. 140, p. 189–205, 2019.

OLIVEIRA, Maria do Socorro Padilha de. **Avaliação do modo de reprodução e de caracteres quantitativos em 20 acessos de açaizeiro (*Euterpe oleracea* mart. arecaceae) em Belém-PA**. 1995. 145 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1995.

OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Biologia floral do açaizeiro em Belém, PA**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 08. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 26 p.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Jaboticabal: Funep, 2000. 52 p. il.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; CARVALHO, J. E. U. de; NASCIMENTO, W. M. O. do; MULLER, C. H. **Cultivo do açaizeiro para produção de frutos**. Circular técnica, 26. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 19 p.

OLIVEIRA, M. S. P; FARIAS NETO, J. T. **Cultivar BRS-Pará: Açaizeiro para Produção de Frutos em Terra Firme**. Comunicado técnico, 114. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 4 p.

OLIVEIRA, M. do S.P. de; FARIAS NETO, J.T. de. Cultivo do açaizeiro para produção de frutos. *In*: NOGUEIRA, O.L.; OLIVEIRA, M. do S.P. de; FARIAS NETO, J.T.; ROGEZ, H.L.G. **Açaí: manejo, produção e processamento**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2006. p.14-67.

OLIVEIRA, M. S. P; FARIAS NETO, J. T. Cultivo do açaizeiro em terra firme. *In*: VASCONCELOS, M. A. M; FARIAS NETO, J. T; SILVA, F. C. F. **Cultivo, processamento, padronização e comercialização do açaí na Amazônia**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2010. p.8-54.

OLIVEIRA, M. do S. P.; FARIAS NETO, J.T. de; MOCHIUTTI, S.; NASCIMENTO, W. M. O. do; MATTIETTO, R. de A.; PEREIRA, J. E. S. Açai-do-pará. *In*: LOPES, R; OLIVEIRA, M.S. P.; CAVALLARI, M. M.; BARBIERI, R. L.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. **Palmeiras nativas do Brasil**. Embrapa, Brasília-DF, v.1, 2015. p.37-81.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; FARIAS NETO, J. T. de; PENA, R. da S. **Açaí: técnicas de cultivo e processamento**. Fortaleza: Instituto. Frutal, 2007. 104 p.

OLIVEIRA, J. D. S. de; LEMOS, E. E. P. de; CARVALHO FILHO, R. V. de; SANTOS, E. F. dos; SILVA, R. B.; GALLO, C. M. Alterações fisiológicas no crescimento inicial de pinheira (*Annona squamosa* L.) submetida ao stresse hídrico. **Revista de Ciências Agrárias**, v.43, n.1, p.53-63, 2020.

OLIVEIRA, M. do S. P. de; RIOS, S. de A. Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia. *In*: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 4., 2014, Belém, PA. Atuação das ciências agrárias nos sistemas de produção e alterações ambientais: **Anais [...]** Belém, PA: UFRA, 2014.

ORT, D.R.; BAKER, N.R. A photoprotective role for O₂ as an alternative electron sink in photosynthesis? **Current Opinion in Plant Biology**. v. 5, n. 3, p. 193-198, 2002.

OXBOROUGH, K., BAKER, N. R. An instrument capable of imaging chlorophyll a fluorescence from intact leaves at very low irradiance and at the cellular and sub-cellular levels of organization. **Plant, Cell and Environment**, v. 20, p.1473-1483, 1997.

PELTZER D., DREYER E., POLLE A. Temperature dependencies of antioxidative enzymes in two contrasting species. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.40, p. 141–150, 2002.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur, 191p. 2004.

QUEIROZ, J. A. L.; MOCHIUTTI, S. **Plantio de açaizeiros**. Macapá: Embrapa Amapá, 2001. 8 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAF-AP/7086/1/comunicado2001055.PDF>. Acesso em: 06 dez. 2020.

RASBAND, W. S. **Image J: Image Processing and Analysis in Java**. Available from the U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Available in: 1997.

ROGEZ, H.; POMPEU, D. R.; AKWIE, S. N. T.; LARONDELLE, Y. Sigmoidal kinetics of anthocyanin accumulation during fruit ripening: a comparison between açai fruits (*Euterpe*

oleracea) and other anthocyanin-rich fruits. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, n. 6, p. 796-800, 2011.

SANTOS, B. L. G. dos; GAMA, J. R. V.; RIBEIRO, R. B. da S.; ANJOS, R. K. F. dos; GOMES, K. M. A.; XIMENES, L. C.; MELO, L. de O. Estrutura e valoração de *Euterpe oleracea* em uma floresta de várzea na Amazônia. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v.5, n. 3, p. 391-396, 2018.

SANTOS, P. H. M.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; PRADO, G. M. Correlação entre atividade antioxidante e compostos bioativos de polpas comerciais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 58, n. 2, p. 187-192, 2008.

SCARIOT, A. O. Palmeiras brasileiras botânica, ecologia, usos e conservação. In: LOPES, R; OLIVEIRA, M.S. P.; CAVALLARI, M. M.; BARBIERI, R. L.; CONCEIÇÃO, L. D. H. C. S. **Palmeiras nativas do Brasil**. Embrapa, Brasília-DF, v.1, 2015. p. 17- 33.

SCHIERHOLT, A. F. P.; Romero, F. L.; Lopes, J. R. **Biojoias, biodiversidade e redes de sustentabilidade na Amazônia: o caso da Cooperativa Açaí**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2020. 152 p.

SCHREIBER, U. **Photosynthesis Research**. v. 9, p. 261, 1986.

SHARP, R. E.; LENOBLE, M. E. ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. **J. Exp. Bot.**, v. 53, p. 33- 37, 2002.

SILVA, S. dos S.; SILVA, G. F. da; CASTRO, D. de F. UTILIZAÇÃO DE FIBRAS DO MESOCARPO E CAROÇO DO AÇAÍ COMO COMPONENTE DE MISTURAS AREIAASFALTO PARA A PAVIMENTAÇÃO NA CIDADE DE MANAUS/AM. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 3, n. 4, p. 0627-0633, 2016.

SILVESTRE, W. V. D.; PINHEIRO, H. A.; SOUZA, R. O. R. de M.; PALHETA, L. F. Morphological and physiological responses of açaí seedlings subjected to different watering regimes. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 20, n. 4, p. 364-371, 2016.

SILVESTRE, W. V. D., SILVA, P. A., PALHETA, L. F., OLIVEIRA NETO, C. F., SOUZA, R. O. R. M., FESTUCCI-BUSELLI, R. A.; PINHEIRO, H. A. Differential tolerance to water deficit in two açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) plant materials. **Acta physiologiae plantarum**, v. 39, n. 4, p. 1-10, 2017.

SOUZA, V. F. **Estudo de rede para compreender as respostas fotossintéticas de cafeeiros em condições de deficiência hídrica**. 2012. 56 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SOUZA, J. L. de; GUERREIRO, L. H. H.; BERNAR, L. P.; RIBEIRO, H. J. da S.; OLIVEIRA, R. L. e; SANTOS, M. C.; ALMEIDA, H. da S.; DUVOISIN JUNIOR, S.; BORGES, L. E. P.; CASTRO, D. A. R.; MACHADO, de N. T. Análise da composição química do Bio-Óleo produzido via pirólise de sementes de Açaí (*Euterpe Oleracea*, Mart). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba , v.7, n. 2, p. 15549-15565, 2021.

SOUZA, J. O.; CAMILLOTO, G. P.; CRUZ, R. S. Biscoitos tipo amanteigado incorporado com farinha de caroço de açaí. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10 , p.81331-81340, 2020.

STEUDLE, E. Water uptake by roots: effects of water deficit. **J. Exp. Bot.**, v. 51, p. 1531-1542, 2000.

SURESH, K.; NAGAMANI, C.; KANTHA, D.L; KUMAR, M. K. Changes in photosynthetic activity in five common hybrids of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings under water deficit. **Photosynthetica**. v. 50, p. 549–556, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TARDIEU, F.; SIMONNEAU, T., Variability among species of stomatal control under fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric behaviours. **J. Exp. Bot.**, v. 49, p. 419-432. 1998.

WILSON, K. B.; BALDOCCHI, D. D.; HANSON, P. J. Quantifying stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation resulting from leaf gaing and drought in mature deciduous tree species. **Tree Physiol.**, v. 20, p. 787-797, 2000.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, p. 171- 186. 2000.

YE, B.; FALTIN, Z.; BEN-HAYYIM, G.; ESHDA, Y.; GRESSEL, J. Correlation of Glutathione Peroxidase to Paraquat/Oxidative Stress Resistance in Conyza Determined by Direct Fluorometric Assay., **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.66, p. 182–194, 2000.

YE, B.; GRESSEL J. Transient, oxidant-induced antioxidant transcript and enzyme levels correlate with greater oxidant-resistance in paraquat-resistant Conyza bonariensis. **Planta**, v. 211, p. 50–61, 2000.

YOKOMIZO, G. K. I.; FARIAS NETO, J. T. de; OLIVEIRA, M. do S. P. de. Estabilidade em características de produtividade de frutos em açaizeiros oriundos de Anajás, Pa. **Multidisciplinary Journal**– v. 7, n.1, p. 1 – 12, 2020.