

TAKEFUMI USHIMARU

**INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO SOBRE A FISIOLOGIA, CRESCIMENTO E
QUALIDADE DAS MUDAS DE JUÇARA (*Euterpe edulis* MART.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike

Coorientadora: Kacilda Naomi Kuki

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

Ushimaru, Takefumi, 1995-

U85i
2021 Influência do sombreamento sobre a fisiologia, crescimento
e qualidade das mudas de Juçara, *Euterpe edulis* Mart.
(Arecaceae) / Takefumi Ushimaru. – Viçosa, MG, 2021.
78 f. : il. ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 66-76.

1. Palmiteiro-juçara - Mudas - Crescimento. 2. Curvas de
luz. 3. Dickson, Índice de qualidade de. 4. Fotossíntese -
Eficiência. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 634.974

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto Pires CRB6 2523

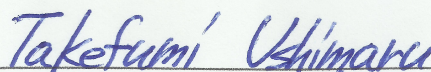
TAKEFUMI USHIMARU

**INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO SOBRE A FISIOLOGIA, CRESCIMENTO E
QUALIDADE DAS MUDAS DE JUÇARA (*Euterpe edulis* MART.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

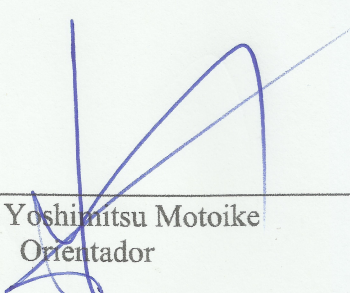
APROVADA: 22 de julho de 2021

Assentimento:



Takefumi Ushimaru

Autor



Sérgio Yoshimitsu Motoike

Orientador

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu supervisor, Professor Sérgio Yoshimitsu Motoike, que me deu muito apoio e orientação para conduzir esta pesquisa e meu estudo na pós-graduação. Através de sua orientação e incentivo gentil, pude perceber minhas próprias inadequações, o que será uma fonte de inspiração para meus esforços futuros.

Meus agradecimentos à pesquisadora Dra. Kacilda Naomi Kuki por seu caloroso apoio desde antes do programa de mestrado até o presente, bem como por sua paciência em me auxiliar não apenas em minhas pesquisas diárias, mas também na preparação desta dissertação.

Sou profundamente grato à Débora Durso Caetano Neves, irmã de orientação, por sua paciência e disponibilidade em me auxiliar em todos os passos de meu treinamento.

Aos professores, colegas, alunos e funcionários da Grupo de 'REMAPE (Rede Macaúba De Pesquisa)' e 'Fruticultura' pelo convívio e aprendizado.

Universidade Federal de Viçosa e ao curso de pós-graduação em Agronomia pela oportunidade concedida

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

A todos que contribuíram para a realização deste treinamento.

Por último, gostaria de expressar minha mais profunda gratidão aos meus pais, que mesmo com a distância, calorosamente zelaram por mim e me apoiaram pacientemente para seguir meu próprio caminho.

BIOGRAFIA

Takefumi Ushimaru, filho de Nagako Ushimaru e Akihiko Ushimaru, nasceu em 15 de março de 1995, em Nagano, Japão.

Em 25 de março de 2018, graduou-se em Bioenvironmental and Agricultural Engineering, College of Bioresource Sciences, Nihon University.

Em março de 2019, iniciou de curso de mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Agronomia, do Departamento de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de dissertação em 22 de julho de 2021.

RESUMO

USHIMARU, Takefumi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Influência do sombreamento sobre a fisiologia, crescimento e qualidade das mudas de juçara (*Euterpe edulis* Mart.)**. Orientador: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Coorientadora: Kacilda Naomi Kuki.

A Juçara (*Euterpe edulis*) é uma palmeira nativa da Mata Atlântica, de grande importância ecológica e econômica para populações tradicionais. Entretanto, sua exploração indiscriminada para extração de palmito levou a juçara a ser considerada uma espécie em risco de extinção. A extração da polpa dos frutos é considerada uma alternativa de uso sustentável, pois não provoca a morte da planta e as sementes remanescentes do processamento podem ser utilizadas para a produção de mudas. Para se estabelecer um plantio comercial ou reintroduzir a juçara nas áreas de matas nativa em recuperação, é necessária a utilização de mudas de qualidade, pois estas originarão, potencialmente, plantas saudáveis, produtivas e de alto valor comercial. Sabe-se que o nível de luz disponível é um fator importante no desenvolvimento da juçara, porém a literatura é controversa no que se refere a intensidade adequada de sombreamento e como este fator pode afetar os diferentes processos biológicos da palmeira. Nesse sentido, esse trabalho visou avaliar a influência do sombreamento sobre o crescimento, desenvolvimento e fisiologia da muda da juçara. Mudas de juçara foram cultivadas por 240 dias em três níveis de sombreamento, imposto artificialmente com o uso de tela sombrite: (S1: sem sombreamento, RFA=1005,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, S2: sombreamento brando, RFA=480,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e S3: sombreamento intenso, RFA= 276,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Em diferentes intervalos de avaliação foram medidos os desempenhos de: trocas gasosas, eficiência do uso da luz, crescimento e índice de qualidade das mudas. Os dados foram submetidos à análise univariada, análise de variância e teste de médias Tukey usando programa GENES. Os resultados indicam que sob o sombreamento brando a assimilação líquida de carbono (A_{net}) e a capacidade fotossintética máxima (A_{max}), bem como o crescimento das mudas de juçara, são superiores aos das mudas no sem sombreamento e no sombreamento intenso. A manutenção da maior abertura estomática (g_s), da performance metabólica (C_i/C_a) e a melhor eficiência de uso da luz das plantas em S2, possibilitaram, conjuntamente, que as mesmas apresentassem este desempenho superior, refletindo em mudas com maior índice de qualidade. Portanto, o sombreamento brando, onde a RFA = 480,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, pode ser considerado como a condição luminosa que pode

satisfazer a produção de mudas viáveis de juçara para a atividade agrícola e / ou recuperação de florestas.

Palavras-Chave: Curva de luz. Dickson. Eficiência fotossintética. Índice de qualidade

ABSTRACT

USHIMARU, Takefumi, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2021. **Influence of shading on the physiology, growth and quality of saplings of juçara (*Euterpe edulis* Mart.).** Advisor: Sérgio Yoshimitsu Motoike. Co-advisor: Kacilda Naomi Kuki.

The Juçara (*Euterpe edulis*) is a native palm tree from the Atlantic Forest, of great ecological and economic importance for traditional populations. However, its indiscriminate exploitation for the extraction of palm heart led to the juçara being considered an endangered species. The extraction of the fruit pulp is considered a sustainable alternative because it does not cause the death of the plant and the seeds remaining after processing can be used to produce plant saplings. To establish a commercial plantation or to reintroduce juçara in areas of native forests in recuperation, it is necessary to use quality saplings, because these will potentially originate healthy, productive plants of high commercial value. It is known that the level of available light is an important factor in the development of juçara, but the literature is controversial regarding the appropriate intensity of shading and how this factor can affect the different biological processes of the palm. In this sense, this work aimed to evaluate the influence of shading on the growth, development and physiology of the seedling of juçara. Juçara saplings were grown for 240 days in three levels of shading, artificially imposed with the use of a sombrite screen: (S1: No shading, RFA=1005 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, S2: mild shading, RFA=480,00 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and S3: intense shading, RFA=276 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). At different evaluation intervals, gas exchange performance, light use efficiency, growth and seedling quality index were measured. The data were submitted to univariate analysis, analysis of variance and Tukey's test of means using GENES software. The results indicate that under mild shading the net carbon assimilation (A_{net}) and the maximum photosynthetic capacity (A_{max}), as well as the growth of juçara seedlings, are higher than those of seedlings under no and intensive shading. The maintenance of the highest stomatal aperture (g_s), metabolic performance (C_i/C_a) and the best light use efficiency of the plants in S2, jointly enabled them to present this superior performance, reflecting in seedlings with higher quality index. Therefore, the soft shading, where the RFA =480 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, can be considered as the light condition that can satisfy the production of viable seedlings of juçara for agricultural activity and/or forest recuperation.

Keywords: Dickson. Light curve. Photosynthetic efficiency. Quality Index

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –Distribuição geográfica de <i>Euterpe edulis</i>	20
Figura 2 – Temperatura media, máxima e mínima mensal em Viçosa/MG no ano de 2020 ...	36
Figura 3 – Parâmetros de trocas gasosas de mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%) por 240 dias	41
Figura 4 – Correlações de A x Ci e A x gs para mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%) por 240 dias.	42
Figura 5 – Eficiência do uso da luz.....	43
Figura 6 – Altura (cm) (A), Diâmetro do caule (mm) (B), Área foliar(cm ²) (C) e Volume radicular (cm ³) (D)	46
Figura 7 – Peso fresco; peso fresco das folhas (g) (A), peso fresco parte aérea (g) (B), peso fresco das raízes (g) (C) e peso fresco total (g) (D) de mudas de Juçara submetidas a tres niveis de sombreamento.....	47
Figura 8 – Peso seco das folhas (g) (A), peso seco parte aérea (g) (B), peso seco das raízes (g) (C) e peso seco total (g) (D) de mudas de Juçara submetidas a tres niveis de sombreamento .	49
Figura 9 – Mortalidade acumulada (%) de mudas de juçara cultivada sob três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%), em quatro intervalos de dias após plantio (DAP).	50

Figura 10 – Índice de qualidade das mudas de juçara (IQM) cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%) por 240 dias51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bioquímica e mineral da polpa dos frutos de açaí e juçara na matéria seca	24
Tabela 2 – Detalhes dos tratamentos aplicados nas mudas de juçara	35
Tabela 3 – Valores estimados da curva de luz:	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A	Taxa fotossintética líquida
AF	Área Foliar
Amax	Fotossíntese Máxima
AP	Altura da Planta
Ca	Concentração intracelular de CO ₂
Ci	Concentração intracelular de CO ₂ .
CR	Comprimento da Raiz
CV	Casa de Vegetação
DAP	Dias Após Plantio nas Sacolas
DC	Diâmetro do Caule
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
E	Taxa transpiratória
gs	Condutância estomática
IQM	Índice de Qualidade das Mudanças
LCP	Ponto de Compensação
MFPA	Massa Fresca da Parte Aérea
MFR	Massa Fresca da Sistema Radicular
MSPA	Massa Seca da Parte Aérea (Folhas + Caule)
MSSR	Massa Seca da Sistema Radicular
MST	Massa Seca Total (Parte Área + Sistema Radicular)
Rdark	Taxa Respiratória

RFA	Radiação Fotossinteticamente Ativa.
RuBP	Ribulose 1,5 bisfosfato
S1	Sem sombreamento, 0% de atenuação da radiação
S2	Sombreamento brando, ~50% de atenuação
S3	Sombreamento intenso, ~70% de atenuação
SAFs	Sistemas Agroflorestais
VR	Volume da Raiz
α	Rendimento (ou eficiência) Quântico Aparente

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem.
°C	Graus Celsius
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro Quadrado
cm ³	Volumen Radicular
g	Gramma
kg	Quilograma
L	Litro
m ³	Metro cúbico
mg	Miligrama
mm	Milímetro
mmol	Millimol
s	Segundo
μmol	Micromol

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Botânica e Taxonomia.....	18
2.2. Ecologia.....	20
2.3. Importância Econômica e Potencial Agrônomo.....	22
2.4. Atributos pertinentes à produção de mudas.....	24
2.4.1. Trocas Gasosas e Eficiência de uso de luz	24
2.4.2. Crescimento, Desenvolvimento e Qualidade da muda.....	27
2.4.3. Importância da Luminosidade na Fisiologia e Crescimento da Juçara.....	31
3. OBJETIVO.....	33
4. MATERIAIS E MÉTODOS	34
4.1. Material Vegetal.....	34
4.2. Condições de Cultivo e Tratamentos.....	34
5. AVALIAÇÕES	36
5.1. Crescimento, Desenvolvimento e Índice de qualidade da muda.....	36
5.2. Trocas de gasosas e Eficiência do uso da luz.....	37
5.3. Delineamento e Análise estatística.....	38
6. RESULTADOS	39
6.1. Trocas gasosas.....	39
6.2. Eficiência do uso da luz – Curva de luz.....	42
6.3. Análise de Crescimento, Índice de Qualidade da Muda, Mortalidade.....	45
7. RESULTADOS	51
7.1. Trocas gasosas e Eficiência do uso da luz.....	52
7.2. Crescimento, Mortalidade e Índice de Qualidade de Muda.....	58
8. CONCLUSÕES.....	63
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	66
11. APÊNDICE	77

1. INTRODUÇÃO

Euterpe edulis Mart., conhecida como juçara, é uma palmeira nativa da floresta Atlântica, de grande importância ecológica e econômica, pois produz grande quantidade de flores e frutos, sendo importante fonte de alimentos para a fauna nativa além de gerar produtos para alimentação humana. A juçara ocorre no bioma Mata Atlântica frequentemente no estrato médio da Floresta Ombrófila Densa, com distribuição ao longo do litoral brasileiro, mas também é encontrada na maior parte das formações estacional, decidual e semidecidual e em áreas de transição com o bioma Cerrado (Favreto, 2010; Galetti, et al.,1999). A palmeira é classificada como perene-fólia, ombrófila, mesófila e levemente hidrófila. Apresenta crescimento monopodial e sem perfilhamento, sendo sua propagação exclusivamente seminífera.

A exploração de *E. edulis* é uma atividade de importância para as comunidades indígenas e caiçaras nas regiões sul e sudeste do Brasil (Paulilo, 2000). Para estes povos tradicionais, a juçara fornece alimento, material para construção e confecção de utensílios domésticos. Atualmente, o uso mais difundido e tradicional é o aproveitado alimentício do palmito. Porém os frutos também podem ser aproveitados para consumo alimentício. A extração da polpa dos frutos é considerada uma forma de uso sustentável, pois não provoca a morte da planta, como ocorre com a retirada do palmito, e as sementes remanescentes do processamento podem ser utilizadas para a produção de mudas. Dessa forma, além de evitar o risco de extinção da espécie no seu estado natural, o reflorestamento possibilita gerar renda e produto de alto valor comercial.

Apresentando características bioquímicas e nutricionais similares à polpa do açai (*Euterpes oleracea*), os frutos de juçara constituem-se de carboidratos (cerca de 88%), proteínas (10%) e lipídeos (2%) (Reis,1995), com teores médios de proteínas, antocianinas e vitamina C de sua polpa em torno de 6,72 mg GAE /100g, 1347,0

mg/100g e 186.0 mg/100g, respectivamente (Iaderoza, et al., 1992; Rufino et al., 2010; Silva et al., 2004). Além disso, o alto teor de pigmentos antocianos encontrados na polpa torna a espécie uma ótima alternativa como corante natural e antioxidante (Lima et al., 2012). Apesar disso, o fruto de juçara é ainda pouco explorado como recurso de alimento funcional.

A juçara possui frutificação abundante e na sua dispersão numerosas sementes podem ser encontradas à volta da planta-mãe, formando verdadeiros bancos de sementes e bancos de plântulas, uma vez que a germinação é relativamente rápida e farta. (Guerra et al., 1984; Raupp, et al., 2009). Por ser uma espécie de sub-bosque de floresta tropical, a juçara apresenta altas taxas de mortalidade de plântulas quando exposta à luz solar direta (Ruschel et al., 1997), sendo tolerante e até exigindo ambientes sombreados durante a fase inicial de desenvolvimento (Conte et al., 2000; Fantini e Guries, 2007; Martins e Souza, 2009). Segundo Tsukamoto Filho et al. (2001) o crescimento da juçara é limitado em condições de pleno sol, especialmente nas primeiras fases de desenvolvimento. Já Paulilo (2000) afirma que o sombreamento é necessário nos primeiros estágios do desenvolvimento da juçara; entretanto o seu crescimento é prejudicado em condições de sombreamento excessivo. Além disso, uma boa disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pode aumentar a quantidade e qualidade da produção de frutos e reduzir o esforço de colheita, por menor altura de inserção dos cachos (Fávaro, 2012; Alabarce, 2016). Portanto, nas referências onde a produção de fruta juçara é o objetivo, bons resultados são obtidos com RFA relativamente elevada ($> 600 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Apesar da sua importância ecológica, social e agrônômica, a exploração extrativista e indiscriminada tem ameaçado as populações nativas de juçara da Mata Atlântica no sudeste brasileiro, prejudicando a regeneração natural da palmeira. Dentro do contexto de um manejo sustentável, o plantio comercial da juçara está entre as práticas que possibilitaria uma exploração não predatória da espécie (Ribeiro et al., 1994; Reis et al., 2000). Para o sucesso do

estabelecimento de um pomar, as mudas devem apresentar-se vigorosas, com bom desempenho fisiológico e crescimento satisfatório. Para tanto, condições ideais de luminosidade, irrigação, nutrientes e dimensão dos recipientes dentro do viveiro são fatores que devem ser padronizados.

As palmeiras arbóreas comumente apresentam um crescimento lento - como é o caso do coco, dênde e macaúba - necessitando de um período longo (até 12 meses) para a formação da muda (Pimentel et al., 2016; Corley e Tinker, 2003). Em geral mudas de juçara são cultivadas em sistemas de viveiro sombreado e transpalandas ao campo com cerca de 8-10 meses. Apesar das evidências indicarem que a juçara necessita de sombreamento, especialmente nos estágios iniciais, existe controvérsias sobre os níveis em que o sombreamento – ou o requerimento de luz - é necessário e benéfico para o desempenho fisiológico e de crescimento das mudas da palmeira, evidenciando a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o assunto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Botânica e Taxonomia

O estipe da palmeira Juçara é solitário, reto, cilíndrico e delgado, variando de 10 a 25 cm de diâmetro à altura do peito, com uma altura de 10 a 20 m. As folhas são alternas, pinadas, com até 3 m de comprimento e mostram-se estreitas na base e gradativamente afinadas no vértice da folha. A base das folhas forma uma bainha verde tubular mais grossa que o tronco chamado capitel, dentro da qual encontra-se o palmito (Lorenzi, 1996; Lorenzi et al., 2010). A planta adulta possui uma copa com cerca de 10 a 15 folhas grandes, pêndulas, atingindo até 1.5m de comprimento (Inoue et al., 1984; Reitz et al., 1988; Lorenzi et al., 2010).

A juçara é uma espécie monoica que apresenta inflorescência do tipo panícula, com abundantes flores femininas e masculinas. As inflorescências do tipo espádice ocorrem na primavera e no verão, e são protegidas pela bráctea rígida até o desenvolvimento completo

(Inoue et al., 1984; Reitz et al., 1988; Lorenzi et al., 2010). Cada espádice mede de 50 a 80 cm de comprimento e é composta de 75 a 120 espigas florais. As flores são unissexuais, mas as masculinas ocorrem em maior número, de coloração amareladas, numerosas, com 3 a 6 mm de comprimento.

Na natureza, a planta apresenta crescimento lento e ciclo longo, atingindo a fase reprodutiva entre 7 a 10 anos de vida. Seus frutos são bagas pequenas arredondadas de 150 a 200 mm, compostos pelo pericarpo e a semente. O pericarpo é constituído pelo epicarpo membranoso e fenólico, mesocarpo (polpa) fibroso, onde há uma alta concentração de compostos bioativos, como as antocianinas, e endocarpo rígido protegendo semente única (Pereira et al., 2016). O cacho tem em média 3 kg (Reis, 1995). Em condições ecológicamente favoráveis, uma planta de juçara pode produzir cerca de 8.000 a 10.000 frutos/sementes (Guerra et al., 1984; Raupp et al., 2009). Fonte de alimento para aves e mamíferos, os frutos são por eles dispersos (Reis e Kageyama, 2000 Lorenzi et al., 2010); porém, é comum encontrar bancos de sementes e de plântulas distribuídos abundantemente em volta da planta-mãe, devido ao sombreamento feito sobre as mudas (Lavinsky et al., 2014).

A juçara possui a seguinte classificação botânica (Oliveira, 2011; Henderson e Galeano, 1996):

Família: Arecaceae

Subfamília: Arecoideae

Gênero: *Euterpe*

Espécie: *Euterpe edulis* Martius

2.2. Ecologia

A juçara se distribui ao longo do litoral brasileiro, na costa atlântica, ocupando a Floresta Atlântica, da Bahia até o Rio Grande do Sul. (Figura1) (Oliveira, 2011; Henderson e Galeano, 1996). Ela ocorre principalmente em determinados tipos vegetacionais na Mata Atlântica como Floresta Estacional Semi-decidual e Floresta Ombrófila Densa (Oliveira, 2011; Pierin Neto, 2015; Lorenzi, 1996).

Figura1: Distribuição geográfica de *Euterpe edulis*.



Fonte: Lorenzi et al. (2010)

É uma palmeira que habita regiões de clima tropical a subtropical, de amplitude térmica entre 17 a 23°C, com índice pluviométrico médio anual entre 1.000 mm a 2.200 mm, e pode tolerar uma estação seca de até três meses (Carvalho, 1993; Martins et al., 2009). Geralmente a juçara não é exigente quanto ao tipo de solo, sendo encontrada em solos ácidos e ricos em matéria orgânica (Aguiar et al., 2002).

Na fase juvenil a juçara é uma espécie típica de sub-bosque, necessitando de ambiente florestal para seu crescimento inicial (Nakazono *et al.* 2001). Com a proximidade da fase adulta, a palmeira passa a requerer maior luminosidade para realizar fotossíntese, sendo a abertura

natural de clareiras no dossel da floresta um processo essencial para o sucesso da espécie (Gatti et al., 2011; Ribeiro et al., 2011). Por ser considerada esciófita - tolerante à sombra ao menos no início do seu desenvolvimento - do ponto de vista agrônomo, a juçara é inadequada para plantações em monocultivo (Fantini e Guries, 2007), sendo aconselhável seu plantio inicial em consórcio com espécies arbustivas/arborescentes pré-estabelecidas, em sistema agroflorestal. O sombreamento pode ser eliminado gradativamente, deixando as plantas a pleno sol por volta do terceiro ano de plantio (Martins e Souza, 2009). Segundo Dorneles et al. (2013) as flores femininas de *E. edulis* produzem néctar durante mais tempo enquanto as masculinas produzem maior quantidade por flor, em menor intervalo e menor concentração de açúcares. As flores femininas são mais atrativas para insetos interessados em néctar. A presença de abelhas do gênero *Plebeia* e de *Apis mellifera* sugerem que estas podem ser consideradas polinizadores de *E. edulis*. A palmeira inicia a reprodução a partir dos 6 ou 7 anos de idade e a época da frutificação é variável entre diferentes regiões do Brasil. O desenvolvimento do fruto é lento, demorando cerca de 8 meses para atingir a maturação. Os frutos amadurecem dos meses de abril-maio para setembro-novembro. (Martins et al., 2009). Suas flores e frutos constituem fonte de alimento para diversos insetos, aves e mamíferos, desempenhando papel chave no funcionamento do ecossistema (Cembraneli et al., 2009).

Com a redução das florestas e a exploração predatória pela cadeia produtiva do palmito, desde o início do século passado, esta espécie foi classificada como ameaçada de extinção, na categoria vulnerável (Brasil, 2008; Souza, 2015). A estratégia da conservação *in situ* em reservas de uso restrito é necessária (Wilson., 1997; Souza., 2015) e precisa ser complementada por outras estratégias de conservação, principalmente em áreas habitadas por populações tradicionais. Outra forma de contribuir para a conservação da juçara é por meio do

estabelecimento de plantios racionais e sustentáveis, como nos modelos de consórcio ou agroflorestal.

2.3. Importância Econômica e Potencial Agronômico

Originalmente, esta palmeira era explorada pelas tribos indígenas como fonte de alimento e matéria prima para produção de artefatos. Posteriormente, populações caiçaras e de pequenos produtores rurais passaram a consumi-la, especialmente como fonte de alimento. Portanto, esta espécie apresenta relevante importância econômica e social, pois toda a planta pode ser utilizada: na apicultura, meliponicultura, paisagismo, fonte de celulose, alimento animal e humano (Carvalho, 2003). Porém sua maior relevância agronômica está na produção do palmito e dos frutos para consumo humano. Contudo, a exploração e o extrativismo indiscriminado nos últimos 50 anos, tem colocado a espécie em sério risco.

Palmito: Atualmente a importância econômica de juçara está relacionada principalmente com a produção de palmito, considerado uma importante fonte de proteína e de vitaminas, trazendo benefícios à saúde humana (Lima et al., 2012). O palmito da juçara é consumido internamente, a nível nacional, mas também exportado para o mercado internacional, para países como França, Estados Unidos, Alemanha, Bélgica, Luxemburgo e Países Baixos. Porém, o mercado nacional é cerca de 7 vezes maior. Devido a elevada demanda pelo produto, a juçara sofre intenso extrativismo, o que aumenta o risco de extinção da espécie e contribui para a degradação ambiental. A extração ilegal do palmito-juçara é considerada crime ambiental pela Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (IBAMA, 2014). Dessa forma, a exploração segura do palmito requer um extrativismo com manejo adequado e /ou plantios sistematizados da palmeira.

Fruto e a Polpa: os cachos racemosos produzem fruto bacáceo que é composto pelo pericarpo fibro-carnoso e a semente. O rendimento em volume e concentração de polpa dos frutos de

juçara é semelhante ao do açaí (Andrade, 2015). Em condições ecologicamente favoráveis, uma planta de juçara pode produzir cerca de 8.000 a 10.000 frutos/sementes (Guerra, et al., 1984; Raupp, et al., 2009). As plantas iniciam sua produção por volta de oito anos, sendo que cada cacho (1-3/planta) produz cerca de 4,0 kg de frutos e 3,0 litros de polpa. Nas regiões Sul e Sudeste, em 2018, o valor médio pago ao produtor por quilograma de fruto e de polpa foi de R\$ 2,00 e R\$ 9,00, respectivamente (Monterio, 2018).

O fruto da juçara apresenta alto valor nutricional como alimento humano à semelhança dos frutos do açaí (*E. oleracea*), tradicionalmente mais consumidos no País (Tabela 1). O teor de proteína na polpa varia de 6 - 7,5% (base seca) enquanto que a quantidade de carboidratos encontra-se entre 28,3% - 46,6% (base seca) (Da Silva et al., 2014; Inada et al., 2015). O teor total de lipídios encontra-se entre 28,3% - 42,5% (base seca), sendo que a maioria são ácidos graxos monoinsaturados (45,5% - 56,8%, base seca), principalmente o ácido oleico (Borges et al., 2011).

A polpa também possui uma alta concentração de ácidos fenólicos, flavonoides, e principalmente de antocianinas (Pereira et al., 2016), demonstrando grande potencial como alimento funcional pelos efeitos antioxidantes destes compostos nutracêuticos. O alto teor de pigmentos escuros da espécie é também uma ótima alternativa de corante natural (Lima et al., 2012). As antocianinas estão entre os principais elementos relacionados à ampla capacidade sequestrante de radicais livres do fruto de juçara (Schulz et al., 2015). As comparações mostram que a polpa dos frutos de palmeira juçara possui mais nutrientes do que o açaí (Tabela 1) (Iaderoza et al., 1992; Rufino et al., 2010; Silva et al., 2004; Guimarães e Mascigrande, 2011; Ribeiro et al., 2011).

Tabela1: Composição bioquímica e mineral da polpa dos frutos de açaí e juçara na matéria seca

Espécies	Antocianinas (mg/100g)	VitaminaC (mg/100g)	Proteína (mg/100g)	P (mg/100g)	K (mg/100g)	Ca (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Fe (mg/100g)	Zn (mg/100g)	Cu (mg/100g)	Mn (mg/100g)
Juçara	1347,0	186,0	6,72	0,8	12,1	4,3	1,5	55,9	12,2	14,0	43,4
Açaí	336,0	84,0	7,76	0,14	7,4	4,8	1,4	32,8	10,1	20,4	34,3

Fontes: Iaderoza, et al., 1992; Rufino et al., 2010; Silva et al., 2004

O interesse para o aproveitamento dos frutos da juçara vem crescendo nas últimas décadas, especialmente nos estados do sul e sudeste brasileiro, regiões de domínio da Mata Atlântica, onde condições edafoclimáticas são naturalmente compatíveis com as exigências desta palmeira (Reis, 2012). Em 2012 o estado de Santa Catarina contabilizou aproximadamente 124 toneladas, cerca 80% da produção nacional de frutos de juçara, quase toda proveniente de quintais agroflorestais e bananais, com um crescimento significativo na implantação de pomares (ANAMA, 2013). Estima-se que em um hectare de floresta natural, com população adulta de juçara nativa, é possível extrair aproximadamente 900 quilos de frutos por ano (Guimarães et al., 2015). Após retirada da polpa para consumo humano e as sementes resultantes podem ser utilizadas para futuros plantios (naturais ou sistematizados).

Uma vez que a extração do palmito invariavelmente causa a morte da planta, por extirpar o meristema apical da matriz, a exploração dos frutos de juçara para extração da polpa, representa uma alternativa de uso sustentável e de conservação da espécie (Schulz et al., 2016; Guimarães e Souza, 2017). Entretanto, para atender a procura do mercado por esse alimento funcional, é primordial a formação de plantios racionais, sustentáveis e comercialmente competitivos.

2.4. Atributos pertinentes à produção de mudas

As sementes de juçara são do tipo recalcitrantes e apresentam taxas de germinação relativamente elevadas (>50%) possibilitando, portanto, a produção de mudas em larga escala.

Entretanto, para palmeiras arbóreas como a juçara, dendê, coco e macaúba, a produção de mudas é complexa e onerosa (Pimentel et al., 2016; Corley e Tinker, 2003), pois requerer diferentes etapas e longos períodos até a obtenção da planta apta ao plantio (8-12 meses). Mudas de boa qualidade são cruciais para o sucesso da formação do pomar, sendo que o desempenho inicial das plantas transplantadas ao campo dependerá, regularmente, da performance fisiológica e de crescimento das mudas enquanto na condição de viveiro.

O vigor das mudas pode ser entendido como a capacidade da mesma em suportar as adversidades impostas pela sua transferência ao campo, e que lhes garante melhor desempenho e sobrevivência (Delarmelina et al., 2015). Mudas bem formadas em geral apresentam uma distribuição equilibrada de biomassa entre a parte aérea e a radicular, alcançada por um aporte satisfatório de fotoassimilados que sustentem tanto a manutenção como o desenvolvimento e crescimento de novos tecidos (Fonseca et al., 2002; Marana et al., 2015).

A qualidade fisiológica e morfológica das mudas é determinada em grande parte pela genética e procedência das sementes; mas, adicionalmente a isso, os fatores microclimáticos do viveiro e os métodos utilizados na produção podem interferir no bom desenvolvimento das mesmas (Parviainen, 1981). Intensidade luminosa, suprimento de água e nutrientes minerais, bem como temperatura e umidade relativa precisam estar em condições adequadas para garantir a formação plena da muda. Oscilações ou inadequações de recursos - como luminosidade / sombreamento, encharcamento / seca, escassez / toxidez de minerais - inibem o crescimento (ganho de massa seca) das plantas por fundamentalmente dificultarem o processo de trocas gasosas (Lambers et al., 2008).

2.4.1. Trocas gasosas e eficiência de uso de luz

As trocas gasosas em plantas envolvem as trocas de CO₂, O₂ e vapor de H₂O entre a atmosfera e as folhas através dos processos como a fotossíntese, a respiração e a transpiração. Essas trocas gasosas são realizadas pelos fenômenos de difusão, através de poros nos órgãos das plantas que realizam a fotossíntese, principalmente as folhas. A influência do CO₂ sobre a fotossíntese tem implicações importantes sobre o crescimento e a produtividade. Em níveis relativamente baixos de concentração de CO₂, existe um balanço negativo entre o CO₂ fixado e o respirado. Quando a planta não é exposta à luz, como à noite ou sombra intensa, ela apenas respira, absorvendo O₂ e emitindo CO₂. Com o aumento da disponibilidade de CO₂ atmosférico, o ponto de compensação de CO₂ é alcançado, ou seja, a fotossíntese bruta é igual à respiração. Neste ponto a fotossíntese líquida é igual a zero. Sob níveis adequados de luminosidade os estômatos se abrem plenamente, aumentando a condutância aos gases.

Quando expostas à luz do dia as plantas realizam simultaneamente a fotossíntese, a transpiração e a respiração, porém, em intensidades variadas ao longo do dia (Lacerda et al., 2007). A transpiração tem dupla função de reduzir temperatura da superfície da planta e gerar o potencial hídrico, que é a força motriz para absorver água e nutrientes da solução do solo, através das raízes. Portanto, a condutância estomática, determinada pela abertura/ fechamento dos estômatos, é um dos principais fatores de controle da fotossíntese (Lambers et al., 2008).

A relação C_i / C_a é a razão entre a concentração intracelular de CO₂ (C_i) e a concentração atmosférica de CO₂ (C_a). Quando a relação C_i / C_a encontra-se baixa, e a condutância estomática está normal ou mais alta que o normal, é um indicativo de que o CO₂ intracelular está sendo consumido pelo processo fotossintético e garantido a produção de carboidratos (Schulze et al., 2005). Por outro lado, uma elevada relação C_i / C_a é um indicativo de que a fase bioquímica da fotossíntese está sendo restrita. (Grandis, 2010; Lacerda et al., 2007).

Juçara apresenta padrão fotossintético de aproveitamento da luz típico de planta com metabolismo C3, com desempenho de assimilação de carbono compatível ao de plantas de sombra, sendo a média da taxa fotossintética líquida $> 7 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$, e os pontos de compensação ($\leq 50 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e saturação luminosa (200-400 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) da fotossíntese ocorrem em baixos n\u00edveis de RFA (Calbo e Morais, 2000; Lavinsky et al., 2014; Zanto, 2019).

2.4.2. Crescimento, desenvolvimento e qualidade da muda

A germinação da juçara geralmente inicia-se entre 20-30 dias ap\u00f3s a sementeira. Segundo Neuburger et al. (2010), a maior parte das reservas das sementes (cerca de 70%) \u00e9 consumida at\u00e9 a muda apresentar a primeira folha fotossintetizante completamente expandida. O restante das reservas \u00e9 utilizado at\u00e9 a muda apresentar a segunda folha fotossintetizante completamente expandida, indicando que a muda independe das condi\u00e7\u00f5es de luz e nutri\u00e7\u00e3o at\u00e9 o desenvolvimento da segunda folha completamente expandida.

O crescimento \u00e9 o aumento irrevers\u00edvel de tamanho ou volume da planta acompanhada por uma combina\u00e7\u00e3o de divis\u00e3o e expans\u00e3o celular e, geralmente, do aumento da mat\u00e9ria seca (Floss, 2006). O crescimento ocorre em regi\u00f5es bem definidas na planta, especialmente, meristemas apicais tanto das ra\u00edzes como da parte a\u00e9rea (gemas), parte superior dos n\u00f3s das monocotiled\u00f4neas, base das folhas das gram\u00edneas, camb\u00edo vascular ou crescimento lateral ou secund\u00e1rio das dicotiled\u00f4neas. O crescimento pode ser medido no aumento da altura, di\u00e2metro, massa e tamanho de \u00f3rg\u00e3os ou outras partes da planta (crescimento alom\u00e9trico) (Lacerda et al., 2007).

O desenvolvimento \u00e9 o aumento ontog\u00eanico, envolvendo crescimento e diferencia\u00e7\u00e3o, resultando em mudan\u00e7as na fun\u00e7\u00e3o e na morfologia. Ocorre desde a germin\u00e7\u00e3o da semente,

passando pela maturação e o florescimento até a senescência, como um ciclo da mudança dos organismos. Caracteriza-se pela divisão celular, expansão celular, síntese de proteínas, elaboração dos materiais da parede celular, alterações qualitativas e quantitativas em organelas celulares entre outros. Pode ser caracterizado como o processo em que a planta passa pelas diversas fases fenológicas e fisiológicas ao longo de seu ciclo de vida. (Lacerda et al., 2007). O desenvolvimento da planta ocorre em duas fases: a primeira, vegetativa, compreende o período que envolve a germinação da semente até a planta iniciar seu florescimento; a segunda, reprodutiva, que vai do início da floração até a formação dos frutos e sementes.

Os ajustes fisiológicos do desenvolvimento e do crescimento compreendem, em especial, mudanças nas concentrações hormonais, normalmente em resposta a algum estímulo interno ou externo, como o fotoperíodo, a disponibilidade de água, luz e a temperatura (Lambers et al., 2008). Mas para sustentar ambas as atividades, as plantas dependem do processo fotossintético, o qual garante o aporte de carboidratos, sejam estes de ordem estrutural ou energética. Vários fatores podem interferir na eficiência de assimilação de CO₂ atmosférico, sendo que a disponibilidade de luz e água estão dentre os fatores ambientais mais determinantes (Schulze et al., 2005).

No estudo de Alabarce (2016) comparando o crescimento de juçara em consórcio com a plantação de banana ($493 \pm 17,24 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, sombreamento m\u00e9dio) e em floresta nativa ($170 \pm 20,81 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, sombreamento intenso), respectivamente, foi demonstrado que a maior biomassa total das pl\u00e2ntulas, massa seca de raiz, massa de caule e a massa de folha foram alcan\u00e7ados por plantas na condi\u00e7\u00e3o de maior disponibilidade de RFA (sombreamento m\u00e9dio). J\u00e1 a mortalidade de pl\u00e2ntulas, entre dois ambientes, mostrou ser maior em ambiente de floresta nativa (menor disponibilidade de RFA) do que em cons\u00f3rcio com a bananeira. Desta forma, um cultivo de ju\u00e7ara em ambiente de media atenua\u00e7\u00e3o solar pode

favorecer o seu crescimento, enquanto que ambientes muito sombreados favorecem a sobrevivência das mudas de juçara no campo. Similarmente, Favareto et al. (2010) reportou redução nos parâmetros de crescimento em plantas de juçara crescendo em ambiente intensamente sombreado (floresta ombrófila densa) em relação às plantas crescendo em ambiente menos sombreado (plantio consorciado com de bananeira).

Segundo Neuburger et al. (2010) é possível que a sobrevivência de plantas jovens de juçara a pleno sol seja menor do que locais com baixíssima disponibilidade de luz solar e com baixa disponibilidade de nutrientes. Sendo essas condições ambientais mais danosas nos primeiros meses de desenvolvimento até o primeiro ano de vida. O mesmo trabalho aponta que não houve diferença quanto à altura e diâmetro do estipe das plantas em condições de sombreamento moderado (40%) e sombreamento intenso (60%) aos 130 dias após o plantio. A maior sobrevivência das mudas de juçara ocorreu sob condições de 60% de sombreamento (Monteiro et al., 2017). É interessante citar que as plantas de juçara em áreas com sombreamento acentuado apresentam uma tendência de produtividade com valores médios de 4,6 kg de fruto por cacho. Estudo realizado com o açazeiro, o qual pertence ao mesmo gênero da juçara, mostrou que as plantas cultivadas em espaçamentos maiores não apresentaram competição por luz, o que reduziu de sobremaneira o crescimento em altura das plantas e favoreceu o aumento do diâmetro do estipe (Oliveira et al., 2002).

Por outro lado, a baixa sobrevivência de plantas de juçara cultivadas em áreas abertas, pode ser explicada pelos danos ocasionados pelo excesso de radiação solar ao sistema fotossintético das plantas (Kitao et al., 2000). Por exemplo, Nakazono et al. (2001) afirmam que a juçara apresentou melhor desenvolvimento quando cultivado em condições de apenas 20% de RFA, declínio do crescimento em condições de maior intensidade luminosa e menor sobrevivência sob condições de pleno sol. Porém, outros autores afirmam que o melhor

desenvolvimento de juçara ocorre em até 30 % de RFA (Alabarce, 2016) e 50% de RFA (Carneiro e Castellano 1973; Nodari et al., 1999). E Illenseer e Paulilo (2002) relataram que a juçara pode manter uma taxa de crescimento positiva devido à sua alta capacidade de absorver a energia luminosa, embora seu crescimento seja limitado em condições de pouca luz, o que é semelhante ao relatado por Nakazono et al. (2001), Ribeiro et al. (2011) e Santos et al. (2012). No estudo realizado por Medeiros (2010) em campo, com sombreamento de 0%, 16%, 42% e 73%, a sobrevivência, comprimento e número de folhas mostraram bons valores no sombreamento maior.

Para o sucesso de plantios comerciais ou reflorestamento de áreas degradadas deve-se priorizar a utilização de mudas saudáveis e que podem ter um desempenho de crescimento em campo mais garantido. O índice de qualidade das mudas (IQM) ou índice de Dickson mostra ser um bom preditivo (DICKSON et al., 1960), podendo ser interpretado como uma integralização dos processos fisiológicos e de crescimento. O IQM é comumente adotado como importante critério para viveiros comerciais.

A sobrevivência e o crescimento nas plantações são a melhor medida da qualidade das mudas cultivadas em viveiros (Pomeroy et al., 1949; Wakeley, 1948; Wilde, 1958), e estão relacionados com os índices de seleção para as características individuais associadas às mudas. Essa qualidade das mudas é dependente de bom material genético e da condição como é tratada no viveiro. Segundo Novaes (1998), existem dois tipos de parâmetros para definir a qualidade das plântulas: parâmetros morfológicos baseados em características fenotípicas e parâmetros fisiológicos. Os parâmetros morfológicos podem incluir, por exemplo, altura e peso parte aérea (fresco e seco), a relação entre altura e diâmetro do colo (outras relações são possíveis), peso da raiz (fresco e seco) e comprimento, formação de folhas, etc. Os parâmetros fisiológicos dizem respeito ao funcionamento do corpo da planta e podem ser avaliados, por exemplo, em

termos de nutrientes (a quantidade requerida por cada planta), balanço hídrico (a quantidade de água que a planta absorve e perde do solo), e capacidade de regeneração das raízes (potencial de crescimento), etc. Pode-se incluir neste último critério a capacidade de modulação das trocas gasosas, uma vez que estas influenciam diretamente na produção primária das plantas, ou seja, a disponibilidade de fotoassimilados.

2.4.3. Importância da luminosidade na fisiologia e crescimento da juçara

Vários fatores ambientais podem afetar a fotossíntese, dentre eles a disponibilidade de luz. A luz é importante para o processo fotossintético em várias etapas, sendo necessária: (i) para a abertura adequada dos estômatos, (ii) como fonte de energia para a etapa fotoquímica da fotossíntese, através de sua captura pelas clorofilas, e (iii) como ativadoras de enzimas envolvidas no ciclo de Calvin (Lambers et al., 2008). Portanto, sua escassez pode inibir o processo fotossintético pela não abertura adequada dos poros estomáticos e pela inadequada energização das clorofilas durante a fase fotoquímica. Entretanto, seu excesso pode ocasionar um estresse do tipo fotoinibitório, causado pela fotooxidação das clorofilas, causando uma redução acentuada das taxas fotossintéticas (Larcher, 1995). Em ambos os casos de estresse luminoso, por escassez ou excesso, a produção de carboidratos fica comprometida e pode repercutir negativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas, especialmente na fase juvenil (Schulze et al., 2005).

A literatura indica que a juçara, durante a fase de plântula ou muda tem seu crescimento e desenvolvimento beneficiados quando a luminosidade incidente é atenuada (Tsukamoto Filho et al., 2001). Plantas de juçara cultivadas em casa de vegetação quando transferidas de sombra (4% de sol pleno) a alta luminosidade (30% de sol pleno), demonstraram maiores ganhos nos parâmetros de crescimento, quando comparados com as plantas mantidas constantemente na

sombra, indicando que a regeneração desta espécie em condições naturais é beneficiada pela abertura de clareiras (Nakazono et al., 2001). Entretanto, altas taxas de mortalidade de plântulas de juçara são reportadas quando exposta à luz solar direta (Ruschel et al., 1997). Por outro lado, segundo Paulilo (2000) o sombreamento de *E. edulis* é necessário nos primeiros estágios de desenvolvimento, porém, seu crescimento subsequente é prejudicado em condições de sombreamento excessivo.

A juçara é considerada uma espécie tolerante ao sombreamento e que inclusive não suporta grande incidência de radiação solar. Do ponto de vista fisiológico, plantas consideradas de sombra apresentam características fotossintéticas que lhes permitem sobreviver sob condições de baixa a moderada intensidade luminosa. No experimento de Lavinsky (2009), mudas de juçara após 110 dias crescendo em condição de sub-bosque ($38,82 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a clareira média ($770,67 \mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), foi observado que a Anet, na condição de sub-bosque, superou os valores da clareira média. Já nos parâmetros da curva da fotossíntese em resposta a incremento de RFA, os valores de A_{max} $3,81 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, o ponto de compensação luminoso e ponto de saturação luminosa das plantas em clareira média superaram as condições de sub-bosque. Evidências produzidas por Lavinsky et al. (2014) indicam que *E. edulis* apresenta capacidade de aclimação a variação de luminosidade, pois mudas de juçara cultivadas à sombra ajustaram sua maquinaria fotossintética quando transferidas para condição de alta luminosidade, apesar dos danos fotoquímicos observados decorrentes da exposição repentina. Os autores atribuíram à rápida abertura dos estômatos o mecanismo que garantiu o aproveitamento ideal da luz, maximizando assim a fotossíntese (A_{max}). Além disso, a fotoinibição da fotossíntese ocorreu de forma dinâmica mostrando que as folhas aclimatadas à sombra ajustaram o maquinário fotossintético após a transferência de baixa para alta luminosidade.

No experimento de Santos (2009), mudas de *E. edulis* cultivadas em três ambientes florestais: mata em regeneração (MR), ‘Cabruças’ 1 e 2 (C1 e C2), apresentaram percentual de luminosidade de 10, 8 e 2% em relação ao pleno sol, respectivamente. Os autores relataram que a sobrevivência diminuiu com o aumento do sombreamento. E a taxa fotossintética líquida (A) e a condutância estomática (gs), medidas sob radiação fotossinteticamente ativa saturante (RFA > 400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), foram significativamente maiores nas plantas cultivadas sob maiores irradiâncias (MR e C1). Dos parâmetros obtidos a partir das curvas de saturação da luz, apenas o valor de Amax diferiu significativamente entre tratamentos, com valores de 3,56, 3,45 e 2,69 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para MR, C1 e C2, respectivamente. Segundo os autores, as mudas de *E. edulis* podem manter uma taxa de crescimento muito baixa, mas positiva, sob maior irradiação.

Pelo exposto acima, tanto o excesso de luminosidade como a redução exagerada deste recurso ambiental podem interferir de maneira negativa em todos os aspectos biológicos da juçara. Porém, a capacidade de aclimação e plasticidade fisiológica de uma espécie é mais determinante para seu sucesso que as alterações morfológicas ou de crescimento, esse último determinado, em grande parte, pela competência fotossintética frente a condição vigente (Leakey et al., 2005; Lavinsky et al., 2014). Assim sendo, indicar o nível de luminosidade / sombreamento que assegure maior estabilidade da fotossíntese é um fator necessário para garantir uma muda de juçara de qualidade.

3. OBJETIVO

Para que o cultivo comercial da juçara ou a reintrodução da palmeira em áreas de recuperação seja viável, é necessário garantir mudas de boa qualidade. Sabendo-se que a luminosidade pode afetar o desempenho fotossintético e, por conseguinte o crescimento da juçara, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes níveis de

sombreamento sobre as mudas de juçara, cultivadas em condição de viveiro. Para isso foram avaliadas as respostas de trocas gasosas, eficiência do uso da luz, crescimento e estimativa de qualidade da muda.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material Vegetal

Frutos maduros recém-colhidos de juçara, oriundos da Zona da Mata, estado de Minas Gerais, foram derriçados, lavados e despoldados em água corrente para extração das sementes. Após secagem em temperatura ambiente, as sementes foram semeadas em tubetes (63mm x 190mm) preenchidos com substrato comercial (Biomax®), e mantidos irrigados dentro de casa de vegetação (CV) no campus da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG. Após a germinação e emissão da primeira folha, as plântulas foram mantidas por cerca de 6 meses nos recipientes (setembro de 2019 a fevereiro de 2020), recebendo periodicamente irrigação, fertilização com solução nutritiva e tratamentos culturais de controle de pragas.

4.2. Condições de Cultivo e Tratamentos

As plântulas de juçara com cerca de 270 dias, selecionadas em relação a homogeneidade de tamanho, número de folhas (2-3) e aspecto fitossanitário, foram transplantadas dos tubetes para sacos plásticos de 6L, contendo substrato composto por argila, adubo orgânico e areia na proporção de 2:1:1, permanecendo em CV. Foi utilizada fertilização de plantio com 3,5kg/m³ de supersimples, 1kg/m³ de calcário doromítico e 0,5kg/m³ de cloreto de potássio. Após 30 dias de aclimação no novo recipiente, as plântulas, agora denominadas de mudas, foram expostas aos tratamentos de sombreamento.

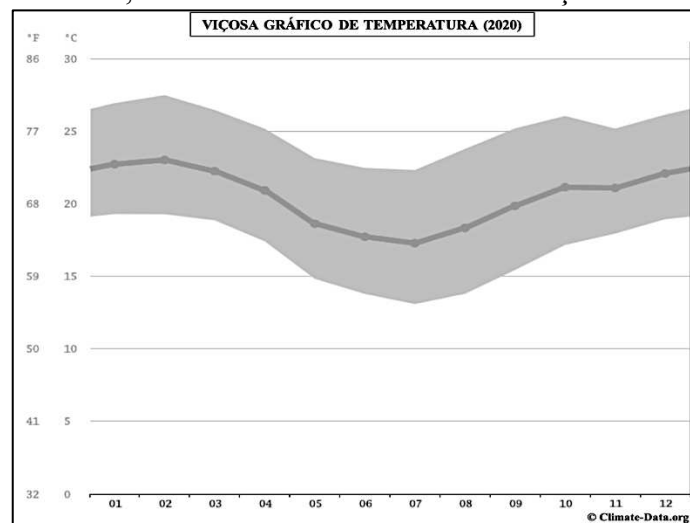
As mudas foram submetidas a 3 níveis de sombreamento (3 tratamentos): S1 (sem sombreamento, 0% de atenuação da radiação), S2 (sombreamento brando, ~50% de atenuação) e S3 (sombreamento intenso, ~70% de atenuação), como mostra a Tabela 2. Os sombreamentos foram fornecidos artificialmente por telas sombrites montadas em armações metálicas sobre as mudas na casa de vegetação. Cada estrutura tinha as dimensões de 1,5 x 4 m, deixando-se um espaçamento de 1 m entre eles. As mudas permaneceram sob os tratamentos por 240 dias, sendo a variação da temperatura atmosférica no período experimental (abril a novembro de 2020) retratada na Figura 2. As mudas de todos os tratamentos receberam irrigação regular e fertilização suplementar trimensal: 100 ml de uma solução contendo 10 g de clorato de potássio, 20 g de sulfato de magnésio, e 20 g de sulfato de amônio por 1 l de água.

Tabela 2. Detalhes dos tratamentos aplicados nas mudas de juçara. Os níveis de sombreamento foram obtidos por meio da utilização de telas sombrites, proporcionando diferentes graus de atenuação luminosa e quantidades de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), em relação ao sol pleno (em Casa de Vegetação).

Tratamento	Nível de Sombreamento	Sombrite (%)	Atenuação da (RFA) %	*RFA ($\mu\text{mol fótons m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
S1	Sem sombreamento	0	0	1005,00
S2	Brando	30	50 \pm 2,26	480,00
S3	Intenso	50	70 \pm 3,40	276,00

*Valor médio da RFA entre 8:00 – 12 :00 horas, em dia ensolarado.

Figura 2: Temperatura média, máxima e mínima mensal em Viçosa/MG no ano de 2020.



Fonte: ©Climate-Data.org

5. Avaliações

Após 30 dias de aclimação do transplântio para o recipiente definitivo, iniciaram-se as avaliações ecofisiológicas e de crescimento em intervalos temporais distintos (dias após plantio nas sacolas - DAP).

5.1. Crescimento, desenvolvimento e índice de qualidade da muda

As avaliações de crescimento e desenvolvimento ocorreram nos intervalos de 30, 60, 120, 180 e 240 DAP, quando mudas de juçara de cada tratamento foram selecionadas aleatoriamente para aferições de: altura da planta (AP), comprimento da raiz (CR), diâmetro do caule (DC), volume da raiz (VR), massa fresca e seca da parte aérea e sistema radicular (MFPA, MFR, MSPA E MSSR) e área foliar (AF).

A cada intervalo de DAP mencionado, as plantas foram extraídas das sacolas com auxílio de água corrente, separando-se a parte radicular da parte aérea (folhas + estipe). As medidas de AP e CR foram obtidas através do uso de uma régua graduada. O AF foi obtido usando um

scanner (Delta-T, Windias 2.0 software). A medição do DC foi realizada com paquímetro digital (Starrett "Série EC799"). O VR foi avaliado pelo deslocamento da coluna d'água em proveta graduada. O peso fresco e o peso seco das partes foram obtidos em balança graduada (SHIMADZU "UX6200H"). Para obtenção do peso seco, as amostras foram secas em estufa ventilada (Fanem 515 Orion), a 90°C por 1 dia ou 70°C por 3 dias.

Ao final do experimento (240 DAP), foi calculado o índice de qualidade da muda (IQM) através da equação proposta por Dickson et al., (1960):

$$IQM = \frac{MST(g)}{AP(cm)/DC(mm) + MSPA(g)/MSSR(g)}$$

Onde,

MST: massa seca total (parte área + sistema radicular), AP: Altura da planta, MSPA: massa seca da parte área (folhas + caule), DC: diâmetro do caule, MSSR; massa seca do sistema radicular.

5.2. Trocas de gasosas e eficiência do uso da luz

Após pré-teste de eficiência do uso da luz, com mudas de juçara no tratamento S0 (sem sombreamento) foi estabelecida uma radiação saturante da fotossíntese de 500 $\mu\text{mol f\acute{o}ton m}^{-2}\text{s}^{-1}$, provida pela fonte de luz do equipamento IRGA (modelo LCpro - ADC / UK). Este nível de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foi utilizado para as medições pontuais das trocas gasosas que ocorrem em todos os tratamentos nos intervalos de 30, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 DAP, realizadas em dia de céu claro, das 8:00~12:00h. A concentração de CO₂ utilizada

foi a instantânea, natural do ambiente (~ 350 ppm), o fluxo de ar e a temperatura da câmara foliar foram padronizados em $300 \text{ mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e 25° C , respectivamente.

As leituras foram obtidas sempre na 1ª folha totalmente expandida, realizando-se ajustes da sua área em relação a câmara foliar do equipamento. Os parâmetros de trocas gasosas obtidos foram: taxa fotossintética líquida ($A - \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), taxa transpiratória ($E - \text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática ($g_s - \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e a relação C_i / C_a .

Ao final do experimento (240 DAP), foi realizada a medição de eficiência de uso da luz (curva de luz). A 1ª folha totalmente expandida das plantas escolhidas aleatoriamente nos três tratamentos de sombreamento foi exposta, de forma decrescente, à 11 níveis de RFA: 0, 20, 50, 100, 200, 400, 500, 600, 800, 1000 e $1200 \mu\text{mol fotón m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Os dados da taxa fotossintética líquida foram então submetidos à equação não retangular hiperbólica proposta por Marshall e Biscoe (1980) no programa disponível no <http://landflux.org/Tools.php>, que ajusta as curvas de luz e estima os parâmetros de: taxa respiratória ($R_{\text{dark}} - \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), rendimento (ou eficiência) quântico aparente (α), ponto de compensação (LCP), fotossíntese máxima (A_{max}).

5.3. Delineamento e análise estatística

O experimento foi montado em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com os 3 níveis de sombreamento. Diferentes intervalos de avaliação, a depender do parâmetro, foram aplicados.

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em 5 plantas por tratamento, em 7 intervalos de DAP sendo que ao final (240 DAP) avaliaram-se as curvas de resposta fotossintética ao incremento de luz (eficiência do uso da luz) e as estimativas dos parâmetros delas derivados. As avaliações de crescimento / desenvolvimento foram realizadas em 10

plantas por tratamento, em 5 intervalos de DAP, sendo que em 240 DAP avaliou-se o índice de qualidade da muda. Os dados foram submetidos à análise univariada, análise de variância e teste de médias Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa GENES (Cruz, 2013).

6. RESULTADOS

6.1. Trocas gasosas

As mudas de juçara apresentaram respostas de trocas gasosas distintas aos três níveis de sombreamento (S1= 0%, sem sombreamento; S2= 50%, sombreamento brando e S3= 70%, sombreamento intenso) durante os intervalos de avaliação. As plantas cultivadas no sombreamento brando (S2), com $480,00 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, expressaram melhor estabilidade das variáveis, revelando que este nível de sombreamento - ou de RFA ofertado - foi mais o apropriado para as trocas gasosas (Figura 3).

Os valores da taxa fotossintética líquida (A) foram substancialmente alterados pela intensidade do sombreamento ($P < 0,05$). Até 90 dias após plantio (DAP), os valores de A foram mais altos para os tratamentos S2 e S3 do que para o tratamento de S1 (Figura 3A). A partir deste intervalo, as plantas dos tratamentos S1 e S3 apresentaram redução nos valores de A, os quais se mantiveram-se constantemente baixos até o último intervalo de avaliação (240 DAP); já as plantas em S2 mantiveram a taxa assimilatória relativamente constante, do início ao fim experimental. Em média, a partir de 120 DAP, os valores de A variaram de 1,5 a $2,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para as plantas em S1, de 2 a $2,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para as plantas do tratamento S3 e de 3 a $3,5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para as plantas do tratamento S2.

A resposta da condutância estomática (gs) seguiu um padrão similar à fotossíntese, ao longo do período de tratamentos, com valores reduzidos nas plantas em S1 e S3 ($P < 0,05$) (Figura

3B). A partir de 90 DAP a gs das plantas em S1 prevaleceu menor do que os valores dos demais tratamentos, permanecendo entre 0,04 e 0,06 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Similarmente, as plantas em S3 apresentaram redução no nível de gs, porém com maiores oscilações. Apesar de significativo somente em 120 e 150 DAP, os valores de gs das plantas de juçara em S2 foram sempre superiores aos demais tratamentos ao longo do tempo, variando entre 0,06 e 0,08 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Os valores da taxa transpiratória (E) permaneceram relativamente constante e similares entre os tratamentos de sombreamento e ao longo dos intervalos de avaliação (Figura 1C). Porém, os valores de E do tratamento S2 se mantiveram relativamente superiores aos demais tratamentos, variando entre 1 e 1,5 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, e diferindo significativamente dos demais tratamentos aos 120 DAP ($P < 0,05$). As plantas em S1 apresentaram valores de E sempre menores em relação aos demais tratamentos, variando entre 0,5 e 1,2 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. A partir de 90 DAP, observou-se um declínio mais acentuado da E nas plantas em S3, apresentando comportamento similar ao das plantas em S1, variando entre de 0,5 e 1,5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

O nível de sombreamento também afetou de forma significativa a relação C_i/C_a das mudas de juçara ($P < 0,05$) (Figura 3 D). Os valores apresentados pelas plantas em S1 foram relativamente superiores aos dos outros tratamentos, variando entre cerca de 50 e 150. Após 90 dias, as plantas em S3 apresentaram aumento nos valores da relação C_i/C_a , assemelhando-se à S1, permanecendo entre de 80 e 100. Os valores da relação C_i/C_a do tratamento com S2 de sombra se mantiveram relativamente constantes e, na maior parte do período experimental, inferiores ao dos outros tratamentos, variando entre 40 e 60.

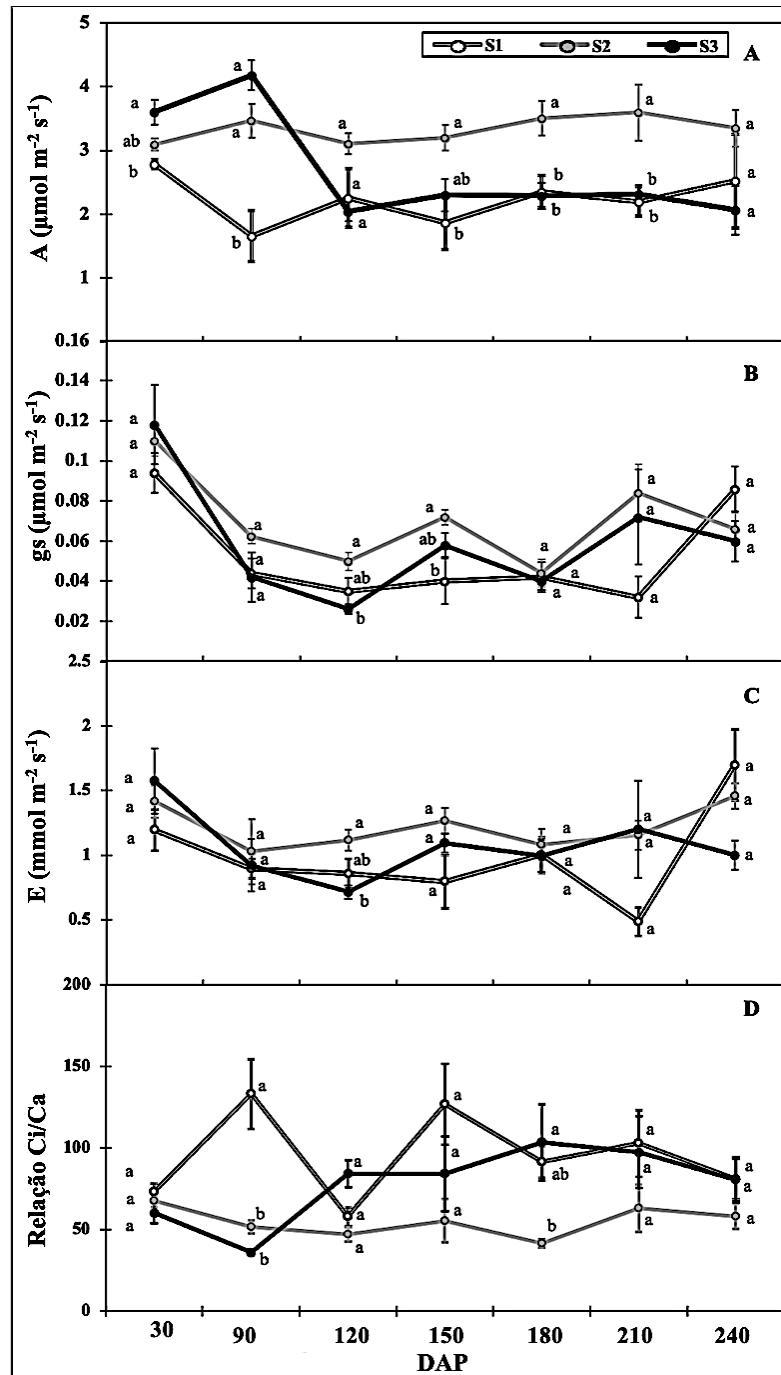
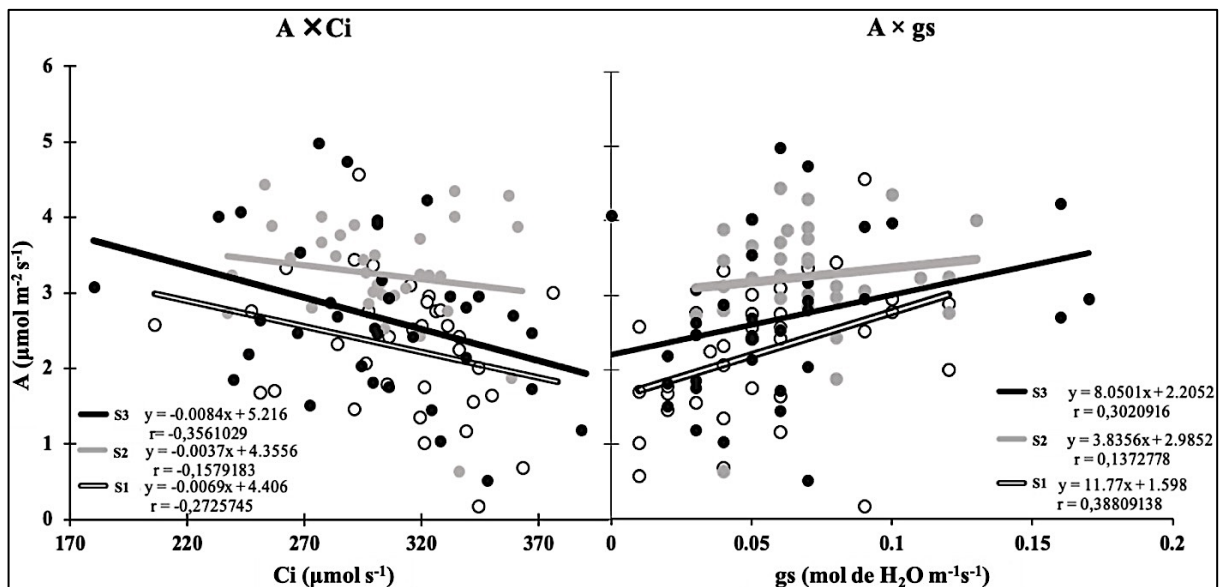


Figura 3. Parâmetros de trocas gasosas de mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%) por 240 dias: A) Fotossíntese líquida (A), B) Condutância estomática (gs), C) Transpiração (E) e D) Relação Ci/Ca. Os resultados comparam os três tratamentos em cada intervalo de avaliação, i.e., dias após plantio (DAP). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Barras representam o desvio padrão (n=5)

Nas correlações de $A \times g_s$ observou-se que o coeficiente r foi positivo para todos os três tratamentos de sombreamento, indicando que a abertura estomática apresenta uma conexão benéfica com a fotossíntese (Figura 4). Esta relação foi mais evidente nas plantas submetidas à S2, onde o sombreamento foi menos intenso. Já na relação $A \times C_i$ os valores de r foram consistentemente negativos, indicando que para as plantas em todos os tratamentos o fator bioquímico também exerce influência no desempenho fotossintético. Entretanto, destaca-se que para um mesmo valor de C_i , as taxas fotossintéticas da juçara foram maiores para as plantas no tratamento S2.

Figura 4: Correlações de $A \times C_i$ e $A \times g_s$ para mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%) por 240 dias. Os valores são as medias obtidas das leituras pontuais de trocas gasosas, nos 7 intervalos de avaliação (dias após plantio - DAP).

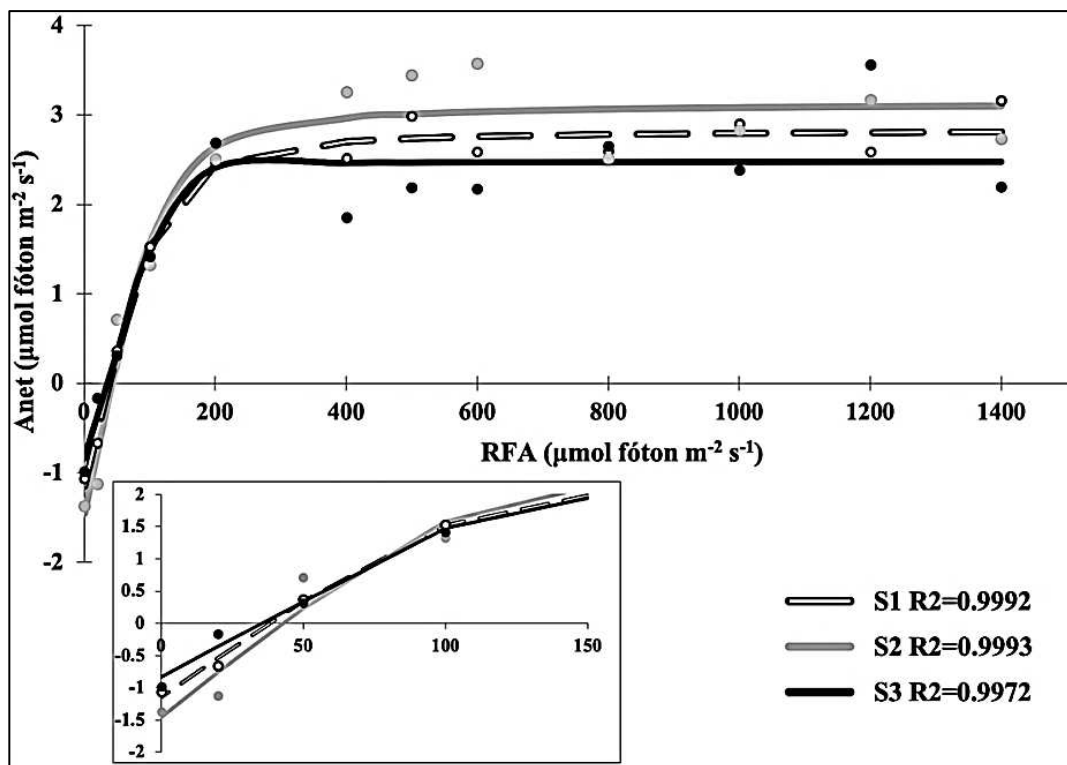


6.2. Eficiência do uso da luz – Curva de luz

As curvas de resposta fotossintética ao incremento de luz das mudas de juçara, submetidas aos três níveis de sombreamento, ajustaram-se satisfatoriamente ao modelo

quadrático não-hiperbólico de Marshall e Biscoe (1980) (Figura 5). Em todos os tratamentos, a taxa fotossintética líquida (A) reagiu de forma semelhante ao aumento da RFA, com valores de ajuste elevados ($R^2 > 90$; $P > 0,05$). Em todos os casos observou-se uma fase exponencial seguida de uma fase estacionária sem, contudo, apresentar queda posterior. Em geral, a saturação da fotossíntese ocorreu na faixa dos 200 - 300 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, alcançando *steady state* em torno de 400-500 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Contudo, em S2 a intensidade da assimila\u00e7\u00e3o de carbono das plantas foi destacadamente maior do que nos demais tratamentos, evidenciando a adequabilidade do n\u00edvel de RFA do tratamento (480,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) para o processo fotossint\u00e9tico (Figura 5).

Figura 5: Efici\u00eancia do uso da luz: resposta da taxa fotossint\u00e9tica l\u00edquida (A_{net}) ao incremento de radia\u00e7\u00e3o fotossinteticamente ativa (RFA) de mudas de ju\u00e7ara aos 240 DAP, cultivadas em tr\u00eas n\u00edveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%), sendo os pontos a m\u00e9dia de $n = 5$.



Levando em conta os parâmetros derivados da curva de luz (Tabela 3), observa-se que somente a fotossíntese máxima (A_{max}) e o ponto de compensação luminoso (LCP) foram significativamente diferentes entre os tratamentos de sombreamento. As plantas de juçara em S2 apresentaram A_{max} cerca de 13 e 28 % maiores que os valores obtidos em S1 e S3, respectivamente, revelando que em situações de sombreamento brando a assimilação de carbono foi beneficiada, possivelmente por as plantas apresentarem um aparato fotossintético mais vigoroso e, portanto, responsivo ao aumento da oferta de RFA. O LCP em S2 foi 10 e 16,7% maior que os valores para S1 e S3 de sombreamento, respectivamente; entretanto, essa diferença foi significativa somente em relação ao tratamento de S3 (Figura 5 - suplemento, Tabela 3). O rendimento quântico aparente (α) não diferiu entre os tratamentos, apesar das plantas em S2 tenderem a um maior valor. Similarmente, ainda que não significativo, os valores da taxa respiratória (R_{dark}) de plantas no sombreamento brando mostraram-se maiores do que aqueles encontrados em S1 e S3, 21 e 42%, respectivamente.

Tabela 3: Valores estimados da curva de luz: fotossíntese máxima (A_{max} - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), ponto de compensação luminoso (LCP - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), rendimento quântico aparente (α), taxa respiratória (R_{dark} - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) de mudas juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2 = 50% e S3 = 70%), sendo os pontos a media de n=5.

Tratamento	A_{max}	LCP	α	R_{dark}
S1	3,99 ^{ab}	38,16 ^{ab}	0,031 ^a	1,15 ^a
S2	4,60 ^a	42,70 ^a	0,036 ^a	1,46 ^a
S3	3,32 ^b	35,59 ^b	0,024 ^a	0,84 ^a

6.3. Análise de crescimento, mortalidade e índice de qualidade da muda (IQM)

O nível de sombreamento (S1= 0%, S2= 50% e S3=70%) afetou a resposta de crescimento das mudas de juçara. Após um período inicial de equivalência, as plantas no sombreamento brando mostram, em geral, uma performance superior para a maioria das variáveis biomorfométricas. Inclusive, nesta atenuação de 50% da luminosidade, foi observada menor susceptibilidade das mudas à morte.

Entre os três tratamentos a altura das plantas foi estatisticamente similar até 120 DAP. Porém, a partir dos 180 DAP as plantas em S2 apresentaram maior altura que as aquelas nos demais tratamentos, sendo que ao final, a altura média foi de 93,9 cm, 41,66 e 24,92 % maior do que observado nas plantas em S1 e S3, respectivamente (Figura 6A).

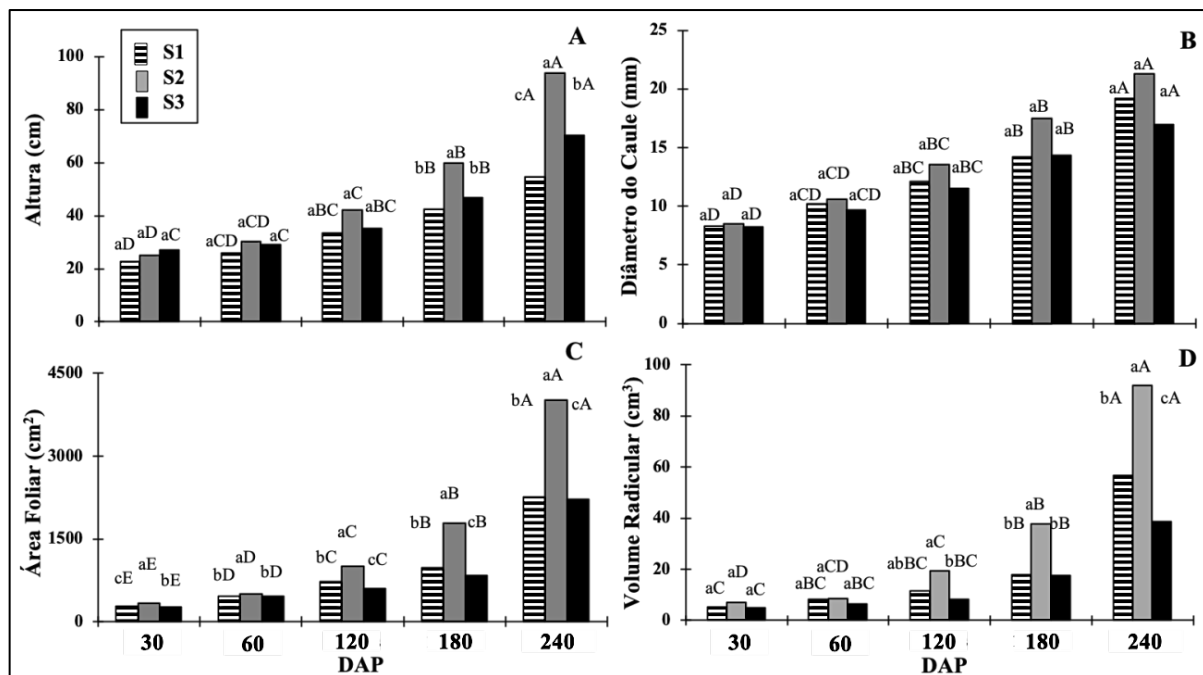
Em relação ao diâmetro do caule, observou-se que ao longo das avaliações o aumento dos valores foi igualmente lento nos três tratamentos, sendo estatisticamente iguais em todos os intervalos de análise. Mas, em geral, as plantas em S2 apresentaram sempre os maiores valores, dado que aos 240 DAP, o diâmetro médio registrado foi respectivamente de S1 = 19,189 cm, S2= 21,306 cm e S3= 16,975 cm (Figura 6B)

Em relação à área foliar, é possível observar que a mesma diferiu significativamente entre os tratamentos e ao longo dos DAP. Durante a duração do experimento, os valores deste parâmetro aumentaram concomitantemente em todos os 3 níveis de sombreamento (Figura 6C). Contudo, especialmente a partir do 120 DAP, o maior ganho ocorreu no sombreamento brando (S2), alcançando valores 2x maiores que dos demais tratamentos. Os valores finais da área foliar foram S1 = 2255,54 cm², S2 = 4019,10 cm², e S3 = 2224,48cm² (Figura 6C).

O ganho de volume radicular foi inexpressivo nos três níveis de sombreamento até os 60 DAP. A partir de 120 DAP esta variável mostrou incremento significativo, principalmente para as plantas no cultivadas no sombreamento brando, de tal forma que o volume radicular

final das plantas em S2 foi de 92 cm³, 38,26% e 57,71 % superior aos valores de S1 e S3, respectivamente (Figura 6D).

Figura 6: Pârametros de crescimento avaliados em dias após plantio (DAP) das mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%) por 240 dias: Altura (cm) (A), Diâmetro do caule (mm) (B), Área foliar (cm²) (C) e Volume radicular (cm³) (D). Letras minúsculas comparam medias entre os tratamentos e letras maiúsculas comparam medias entre os DAP, pelo teste de Tukey 5% (n= 10).

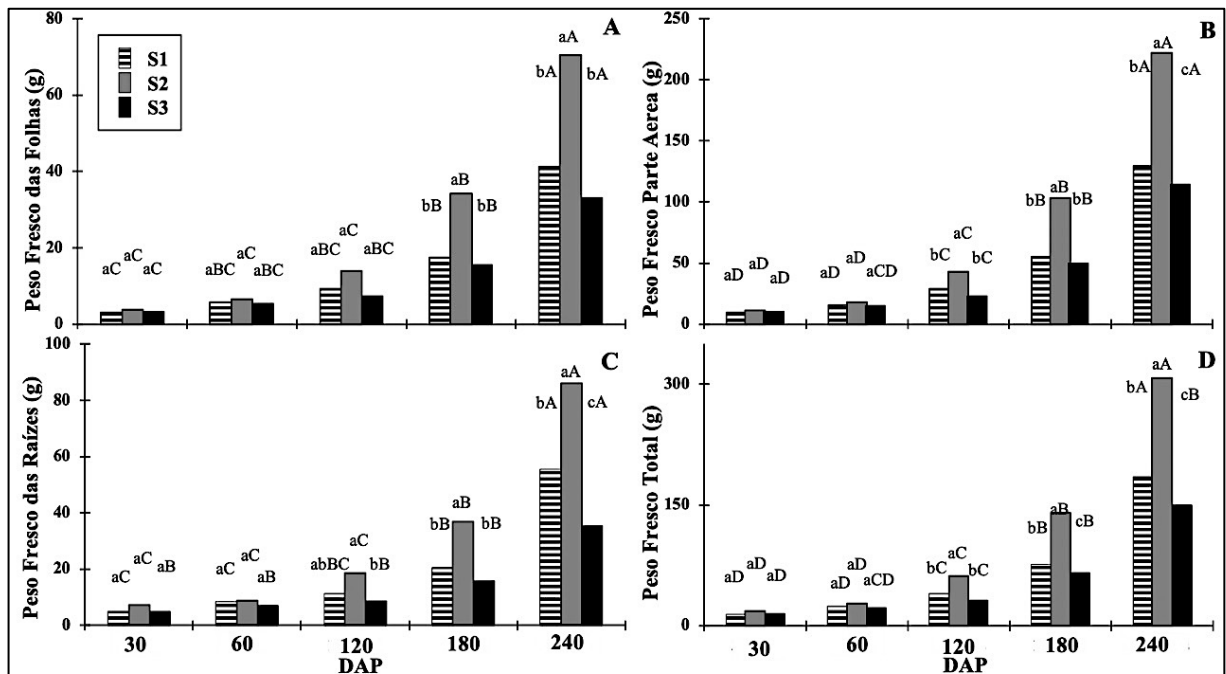


O ganho de massa fresca das folhas, parte área, raízes e total das mudas de juçara submetidas aos três níveis de sombreamento, não diferiram significativamente até os 120 DAP. A partir deste intervalo, observou-se que as plantas do tratamento S2 apresentaram constantemente maior acúmulo de massa fresca para todos os parâmetros, seguido pelas plantas a S1 e S3 (Figura 7).

Ao final do experimento (240 DAP) o peso fresco das folhas das plantas a S2 foi 41.59 e 53.04% maior que as submetidas aos tratamentos S1 e S3, respectivamente (Figura 7A).

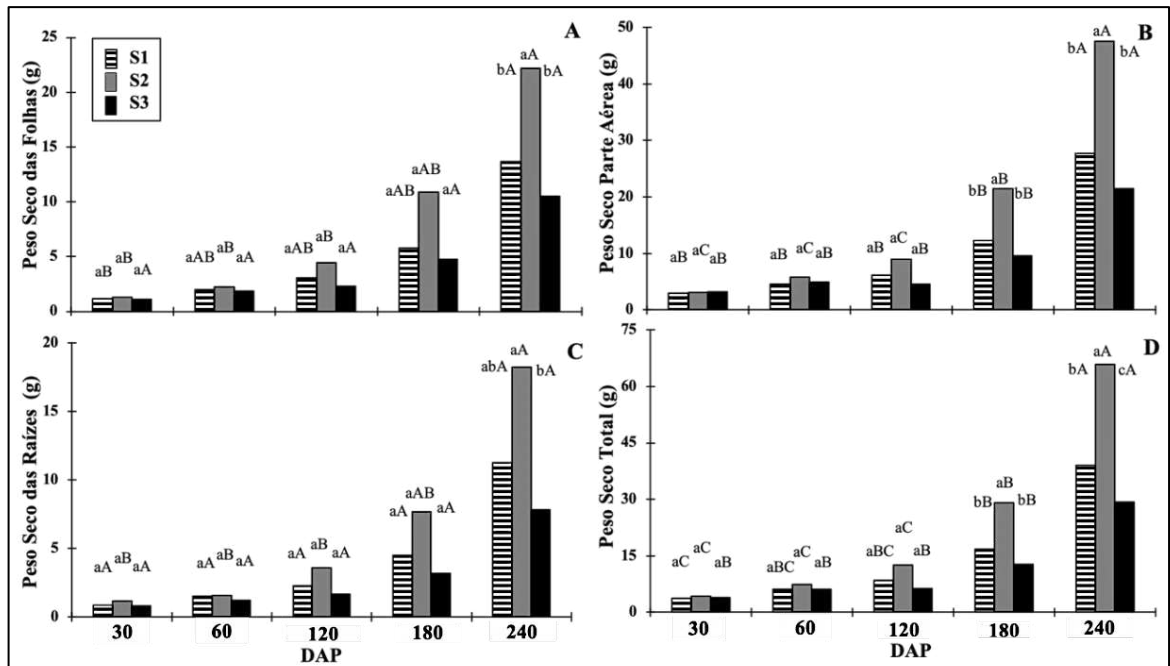
Quanto à parte área, as plantas no tratamento S2 apresentaram maior peso final que aquelas nos demais tratamentos, com valor médio 41,79 e 48,44% maior que as plantas à S1 e S3, respectivamente (Figura 7B). Da mesma forma, plantas submetidas a S2 apresentaram tendência de maior acumulo de massa radicular fresca, sendo que ao final o valor médio para este parâmetro foi 35,48 e 58,98 % maior do que nos tratamentos de S1 e S3, respectivamente (Figura 7C). Aos 240 DAP, o peso fresco total das mudas nos três níveis de sombreamento, em ordem decrescente, foi: S2= 308,15 g, S1=184,83 g e S3= 149,81 g, evidenciando que o sombreamento brando favoreceu a hidratação dos tecidos da planta (Figura 7D).

Figura 7: Pârametros de crescimento avaliados em dias após plantio (DAP) das mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%) por 240 dias: Peso fresco; peso fresco das folhas (g) (A), peso fresco parte aérea (g) (B), peso fresco das raízes (g) (C) e peso fresco total (g) (D) de mudas de Juçara submetidas a tres niveis de sombreamento. Letras minúsculas comparam medias entre os tratamentos e letras maiusculas comparam medias entre os DAP, pelo teste de Tukey 5% (n= 10).



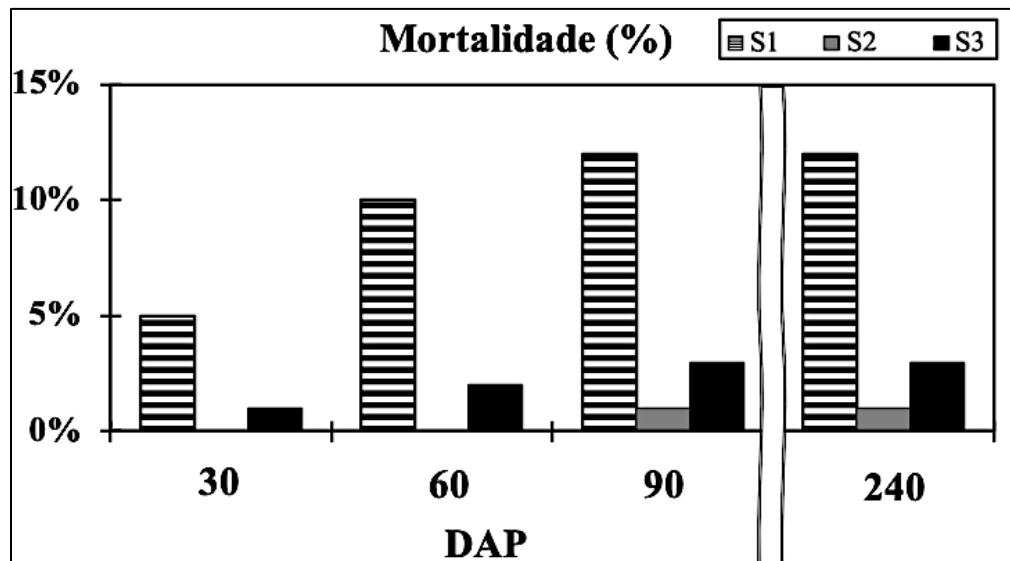
O ganho de massa seco das folhas, parte aérea, raízes e total das mudas de juçara submetidas aos três níveis de sombreamento, não diferiram significativamente até os 120 DAP. A partir deste intervalo, observou-se que as plantas do sombreamento brando (S2) apresentaram constantemente maior acúmulo de massa seca para todos os parâmetros, seguido pelas plantas em S1 e S3 (Figura 8). Ao final do experimento (240DAP) o peso seco das folhas das plantas em S2 foi 38,51 e 52,52 % maior que daquelas submetidas aos tratamentos S1 e S3, respectivamente (Figura 8A). Quanto ao peso seco da parte aérea, as plantas no tratamento S2 apresentaram maior peso final que aquelas nos demais tratamentos, com valor médio 41,84 e 54,67% maior que as plantas em S1 e S3, respectivamente (Figura 8B). Da mesma forma, as plantas em S2 apresentaram tendência de maior acúmulo de massa seca radicular, sendo que aos 240 DAP o valor médio para este parâmetro foi 38,2 e 57,07% maior do que nos tratamentos de S1 e S3, respectivamente (Figura 8C). Ao final do experimento, o peso seco total das mudas nos três níveis de sombreamento, em ordem decrescente, foi: S2= 65,833 g, S1=38,952 g e S3= 29,405 g, evidenciando que a produção e acúmulo de matéria seca pelas mudas de juçara foi favorecido pelo sombreamento brando (Figura 8D)

Figura 8: Parâmetros de crescimento avaliados em dias após plantio (DAP) das mudas de juçara cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%) por 240 dias: Peso seco das folhas (g) (A), peso seco parte aérea (g) (B), peso seco das raízes (g) (C) e peso seco total (g) (D) de mudas de Juçara submetidas a tres niveis de sombreamento. Letras minúsculas comparam medias entre os tratamentos e letras maiusculas comparam medias entre os DAP, pelo teste de Tukey 5% (n= 10).



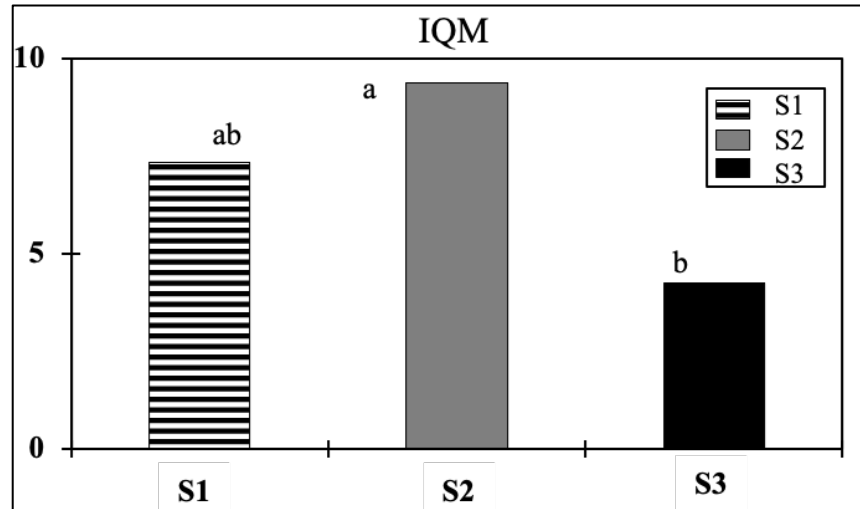
A mortalidade das mudas de juçara na condição de sem sombreamento (S1) foi, em especial nos períodos iniciais de exposição, maior que dos demais tratamentos (Figura 9). Ao final do experimento (240DAP) a mortalidade total foi de S1 = 12%, S2 = 1% para e S3 = 3%. Este resultado indica que o excesso de luminosidade, durante a fase mais inicial em viveiro, representa uma situação de estresse para as mudas expostas, tornando-as até mais susceptíveis aos outros fatores estressantes do ambiente.

Figura 9: Mortalidade acumulada (%) de mudas de juçara cultivada sob três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%), em quatro intervalos de dias após plantio (DAP).



O maior índice de qualidade (IQM= 9,39) foi obtido pelas mudas de juçara cultivadas no tratamento S2 (RFA = 480,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), superando em 21,83% e 54,63% os valores obtidos pelas plantas em S1 (RFA= 1005,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e S3 (RFA = 276,00 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), respectivamente (Figura 10). Este resultado indica que em sombreamento brando, a palmeira juçara apresenta desempenho de crescimento e desenvolvimento mais adequado, refletindo em mudas de melhor qualidade.

Figura 10: Índice de qualidade das mudas de juçara (IQM) cultivadas em três níveis de sombreamento (S1= 0%, S2=50% e S3=70%) por 240 dias. Letras minúsculas comparam medias entre os tratamentos ao final do experimento (240 DAP), pelo teste de Tukey 5% (n= 10).



7. DISCUSSÃO

As plantas são capazes de se adaptar às condições de intensidade luminosa, sendo que diferentes níveis de luz causam inúmeras reações da planta, afetando a eficiência fisiológica e o crescimento (Dapont, 2012). A palmeira juçara, enquanto juvenil em seu habitat natural, compõe a vegetação de sub-bosque e estrato médio, sendo considerada tolerante à sombra. Porém existem controvérsias sobre o fato da juçara “necessitar” de sombreamento ou “tolerar” restrições da luminosidade durante a fase inicial de seu desenvolvimento (Guimarães e Souza, 2017).

As informações da literatura indicam que as condições de restrição de luminosidade podem favorecer a performance biológica de juçara (Campanili e Prochnow, 2006; Brahm, 2010; Reis et al., 1987). No presente estudo, a avaliação dos efeitos do nível de sombreamento comprovou ser este um fator crítico para o estabelecimento de mudas vigorosas de juçara, sendo

os melhores desempenhos da fotossíntese e do crescimento obtidos pelas mudas cultivadas no sombreamento brando (S2= 50% de atenuação e 480,00 $\mu\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

7.1. Trocas gasosas e eficiência do uso da luz

Trocas gasosas

Diferentes níveis de sombreamento impactam diretamente a quantidade de RFA disponível para as plantas. Em reação a estas variações de luminosidade, as plantas apresentam alterações fisiológicas que podem ser interpretadas como uma resposta de: i) aclimatação, possibilitado a sua sobrevivência; ou de ii) estresse, quando a restrição, ou a disponibilidade de luz, é excessivamente danosa (Schulze et al., 2005).

Ao longo do experimento, e considerando-se todos os três tratamentos, a fotossíntese líquida (A) das mudas de juçara variou de 1,5 a 3,5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, com media de 3,16 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, valores análogos a aqueles encontrados para a espécie em outros trabalhos (Santos et al., 2012; Lavinsky et al., 2014; Tavares., 2017; Zonta, 2019). Entretanto, a queda e subsequente manutenção de baixos valores de A das mudas em S1 (0 % de atenuação da RFA) e S3 (70% de atenuação da RFA) em relação a S2 (50% de atenuação da RFA), a partir dos 90 DAP, indica que essas duas condições de sombreamento foram inadequadas e prejudiciais ao processo fotossintético. Similarmente, Santos et al., (2012) observou que mudas de juçara cultivadas no campo em ambientes mais iluminados ($\sim 3.0\text{mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{d}^{-1}$) apresentaram taxas fotossintéticas mais elevadas que aquelas em ambiente excessivamente sombreado ($\sim 0,60\text{ mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{d}^{-1}$). Da mesma forma, plantas de juçara no sub-bosque de ‘Cabruca’ ($\sim 1,25\text{ mol f\acute{o}tons m}^{-2}\text{d}^{-1}$) apresentaram taxas fotossintética melhores que aquelas mantidas em ambiente de clareira (sol pleno, $\sim 25,0\text{ mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$), quando exposta a uma irradiância de leitura de 600 $\mu\text{mol fotons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Lavinsky, 2009). Tanto a folha como a maquinaria fotossintética se

adequam ao ambiente onde a planta cresce, sem que, contudo, isso signifique alta performance do processo (Gurevitch et al., 2006). A estabilidade contínua da A em S2 indica que o sombreamento brando foi muito mais efetivo - do que a luminosidade ou sombreamento intensos - em condicionar um funcionamento fotossintético satisfatório nas mudas de juçara.

Diante de condições ambientais inapropriadas, a taxa fotossintética pode sofrer limitações estomática e não-estomática (bioquímica); porém, um tipo de restrição não exclui a outra (Lambers et al., 2008). A manutenção de valores estáveis de A em S2 em relação aos tratamentos S1 e S3 coincidiu com a manutenção de valores de g_s no sombreamento brando, superiores aos dos demais tratamentos. Já os valores da relação C_i/C_a no tratamento S2 permaneceram relativamente inferiores ao longo das avaliações, mostrando a prevalência do consumo de CO_2 atmosférico nos sítios de redução (ciclo de Calvin-Benson) nas mudas do sombreamento brando. Da mesma forma, Santos et al. (2012) demonstrou que plantas de juçara no campo, crescendo em sombreamento intermediário, mantiveram uma abertura estomática maior que plantas em tratamentos mais sombreados ou mais iluminados. Por sua vez, Lavisky et al. (2014), observaram que plantas juvenis de juçara mantidas no sub-bosque, com baixa disponibilidade de RFA ($\sim 40,0 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$), mostraram menores valores g_s e maiores valores de C_i , provocando uma menor taxa de assimilação de CO_2 do que as plantas transferidas e mantidas por >100 dias em ambiente de clareira ($\text{RFA} = \sim 770,0 \mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Portanto, de acordo com os dados do presente estudo, possivelmente a manutenção satisfatória da abertura estomática (g_s) e da atividade bioquímica da Rubisco (C_i/C_a) no sombreamento brando ($S2 = 50\%$, $\text{RAF} \sim 480,00 \mu\text{mol m}^{-2}\text{m}^{-1}$) contribuíram para o melhor desempenho fotossintético das mudas neste tratamento.

Em contrapartida, a queda da fotossíntese das mudas de juçara nos tratamentos S1 e S3 podem ser atribuídas a uma maior restrição estomática bem como uma dificuldade

bioquímica na assimilação do CO_2 (Figura 3 A, B, D). De fato, as correlações positivas para $A \times g_s$ e negativas para $A \times C_i$, em todos os tratamentos, reforçam o melhor desempenho das plantas no tratamento S2 (Figura 4 A, B). É geralmente aceito que nas folhas fotossintetizantes, a condutância estomática está correlacionada com a taxa fotossintética e coordenada com a necessidade de CO_2 do mesófilo, de modo que a razão C_i/C_a é mantida em um valor constante ou decrescida (Wong et al., 1979, 1985; Sharkey e Raschke, 1981).

A luz quando em excesso pode desencadear distúrbios nos processos associados às atividades fotossintéticas. Essa condição de estresse é conhecida como fotoinibição / fotooxidação e definida como um complexo conjunto de processos moleculares que promovem a desagregação da maquinaria fotossintética (Almenara, 1998). Nesse processo ocorre a geração excessiva de espécies reativas de oxigênio, altamente danosas à integridade e funcionalidade celular (Barber e Andersson, 1992; Oliveira, 2002). Da mesma forma, quando a restrição de luminosidade é excessiva, a abertura dos estômatos, a funcionalidade das fotossistemas I e II e a ativação das enzimas fotossintetizantes são prejudicadas (Lambers et al., 2008). Portanto, a quantidade de energia radiante que atinge o complexo coletor de luz dos fotossistemas pode conduzir a um ganho ou perda na eficiência das reações fotoquímicas dos centros de reação (Lemos Filho, 2000). Igualmente, a enzima Rubisco tem sua atividade carboxilase afetada em condições de excesso de irradiação ou de sombreamento. Pois, em ambos os casos, há um aumento da concentração de inibidores, redução da regeneração de Ribulose 1,5 bisfosfato (RuBP), alteração do pH do estroma, entre outros fatores, afetando as reações do ciclo de Calvin e diminuindo a assimilação líquida de CO_2 nas plantas (Galmés et al., 2013).

Assim como as taxas de assimilação fotossintética, as taxas de transpiração (E) permaneceram estáveis e maiores em S2 em relação aos demais tratamentos. Este resultado pode ser explicado pela manutenção da maior abertura estomática no tratamento do

sombreamento brando. A transpiração é influenciada por fatores biológicos e físicos. Fatores biológicos incluem a conduta estomática (g_s), que é regulada, em parte, pela intensidade da luminosa, que quando em níveis adequados contribui para uma maior abertura dos estômatos. Fatores físicos incluem a diferença na concentração de vapor de água entre o interior da planta e o ar externo (ou a diferença na saturação), que são por sua vez governados pela intensidade da luz, movimentação do ar, temperatura e umidade, etc. (Jones, 1992, Pearcy et al., 1989, Lambers et al., 2008). Como nos tratamentos S1, S2, S3 a única variável ambiental propositalmente alterada foi o nível de luminosidade disponível para as mudas, acredita-se que este fator foi o mais determinante para a abertura estomática e conseqüentemente para as trocas de gases entre a folha e a atmosfera.

Eficiência do uso da luz

As plantas ajustam sua capacidade fotossintética às condições de crescimento que estão submetidas, sendo que espécies de ambientes semi-sombreados apresentam variação mais amplas desta capacidade (Walters, 2005). A aclimatação fotossintética ocorrerá conforme a condição vigente vivenciada pela planta, seja esta ótima, limitantes ou de excesso de recurso (Athanasίου et al., 2010). O desempenho fotossintético das mudas de juçara em resposta a luz evidenciou que a capacidade de resposta da espécie ao incremento da RFA refletiu o ambiente de cultivo (Figura 5). O aproveitamento da luz pelas mudas em S2 foi destacadamente melhor do que nos demais tratamentos. De fato, o sombreamento brando possibilitou os maiores valores de A_{max} , LCP, rendimento quântico aparente e R_{dark} , sendo que para as duas primeiras variáveis os valores foram significativamente diferentes em relação a S1 e S3 (Tabela 3).

A melhor utilização da luminosidade pelas mudas em S2 refletiu nos maiores ganhos de A_{net} e de A_{max} (Figura 5, tabela 3). Da mesma forma Santos (2009) mostrou que plantas de

juçara em condição de campo, cultivadas em sistema agroflorestal, apresentaram valor de A_{max} próximo ao obtido em nosso estudo. Valladares et al. (1997) estudando a resposta fotossintética à dinâmica da luz de inúmeras espécies da floresta tropical, também encontrou valores de A_{max} similares aos da juçara em S2 ($\sim 4,5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), atribuindo a isso como sendo uma característica intrínseca às plantas de sub-bosque.

Segundo Chazdon et al. (1996) e Portes et al. (2006), o valor de R_{dark} é maior em condição clareira do que na condição mais sombreada de sub-bosque e descrevem que espécies de estágios iniciais da sucessão florestal normalmente apresentam maior R_{dark} do que as espécies tardias. Mas, Chen e Klinka, (1996) relataram que a R_{dark} é indiferente ao ambiente de crescimento. No presente estudo, embora a respiração não tenha apresentando diferenças significativas entre os tratamentos, o valor de R_{dark} em S2 foi maior. Os valores elevados de R_{dark} para as mudas de juçara, independentemente do ambiente de cultivo, pode ser um indicativo de que outros fatores estivessem contribuídos para a instalação de um estresse aditivo. De fato, os valores de $0,84 - 1,46 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de R_{dark} , são muito superiores àqueles encontrados por Santos et al. (2012), em plantas de juçara cultivadas em campo sob 3 diferentes ambientes luminosos ($0,07 - 0,12 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Similarmente, em experimento com juçara, Santos (2009) encontrou valores de R_{dark} menores que do presente estudo. Os baixos valores de R_{dark} parecem representar uma adaptação básica que permite às plantas de sub-bosque sobreviver em ambientes limitados de luz (Theede, 2009). Obviamente a respiração, por ser um processo metabólico constitutivo, ocorre para garantir a manutenção e/ou crescimento do organismo. Neste contexto, plantas que apresentam maiores teores de fotossimilados podem, a grosso modo, investir simultaneamente em ambos os fenômenos, através de uma respiração mais elevada, como aparenta ser o caso das mudas de juçara no sombreamento brando.

No presente estudo, o LCP foi mais baixo em S3 ($35,53 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$), indicando que estas plantas mais sombreadas estavam mais prontamente aptas a utilizar os menores incrementos de RFA para a assimilação carbônica, por apresentaram aparato fotossintético melhor adaptado para captura de luz disponível, do que as dos demais tratamentos (Salisbury e Ross, 1992). Contudo essa maior eficiência de captura não se perpetuou com o aumento da RFA. Plantas tipicamente de sombra tendem a apresentar valores ainda menores de LCP do que os encontrados aqui, como é o caso de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) que mostraram LCP de $18,1 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Calbo e Moraes, 2000), mesmo em tratamentos sob maior irradiância. Geralmente, pela diminuição do LCP, minimizam-se as perdas de CO_2 , aumentando o ganho potencial de carbono e o desempenho fotossintético em condições de pouca luz (Walters e Reich., 2000). As diferenças encontradas para LCP são indicadores de mudanças de R_{dark} , tal que, quanto menor os valores de R_{dark} , menos fótons serão necessários para atingir LCP. Segundo Baltzer e Thomas (2007) a redução de R_{dark} significa um aumento no ganho líquido de CO_2 (Pamponét, 2009). Porém, em casos de inadequado aproveitamento da luminosidade pela maquinaria fotossintética, uma redução da respiração terá pouco efeito no ganho líquido de carbono. De fato, as maiores taxas fotossintéticas ocorreram em plantas de S2, as quais apresentaram maiores valores de respiração e LCP, inclusive em relação às plantas em S1, as quais possivelmente encontravam-se em uma situação de potencial estresse luminoso.

Segundo Skillman (2008) um valor máximo de rendimento quântico aparente (α) da ordem de $0,111 \text{ mol de } \text{CO}_2$ em plantas de metabolismo tipo C3 serve como um importante limite máximo para eficiência fotossintética. No geral, as mudas de juçara apresentaram um média de $\alpha = 0,030$, não havendo diferença significativa entre os tratamentos. Santos et al. (2012) e Lavisky et al. (2014) em trabalhos com juçara cultivadas no campo, sob diferentes níveis de irradiância, encontram resultados similares para esse parâmetro: em ambos os estudos

o α não diferiu estatisticamente entre os ambientes luminosos. Mas, à semelhança do presente trabalho - onde o maior valor do rendimento quântico aparente foi observado nas plantas de juçara em S2 - ambos os autores reportaram uma tendência de maior α em condições de sombreamento brando.

Neste experimento, o sombreamento brando de S2 mostrou ser o melhor para as trocas gasosas e a eficiência do uso da luz. Embora em condições naturais as plantas jovens e adultas da juçara tolerem altos níveis de disponibilidade de luz, a palmeira, na sua fenofase de plântula/muda, tem o crescimento limitado tanto sob condições de pouca ou muita oferta de luz. Contudo, mesmo na fase muito inicial, as plântulas de juçara podem manter uma taxa de crescimento positiva, ainda que lenta, devido a plasticidade fisiológica de melhorar a captura de luz (menor LCP) sob sombreamento do sub-bosque (Illenseer e Paulilo, 2002), como de fato foi observado nas mudas de S3. Os resultados de Ribeiro et al. (2011) e Santos et al. (2012), que são semelhantes entre si, atestam para a existência de um valor crítico do nível de sombra para o estabelecimento de mudas de *E. edulis* transplantadas à campo, pois tanto o nível de radiação ao qual a planta está aclimatada como a exposição à mudanças bruscas de RFA podem levar a diferentes respostas bioquímicas, anatômicas e de crescimento (Valladares e Niinemets, 2008).

7.2. Crescimento, mortalidade e índice de qualidade de muda (IQM)

As moléculas orgânicas derivadas da fotossíntese são utilizadas pela planta para regular e fornecer energia para outros processos metabólicos e criar novos tecidos e órgãos (Gurevitch et al., 2006). No presente experimento, o desempenho de crescimento mais satisfatório foi observado nas mudas de juçara submetidas ao sombreamento brando, de 50% de atenuação de RFA, o mesmo tratamento que garantiu a manutenção da fotossíntese a taxas

mais elevadas do que nos demais tratamentos. Como consequência, mudas em S2 apresentaram o melhor índice de qualidade.

Crescimento

Todos os parâmetros de crescimento analisados - Altura, Diâmetro do caule, Área foliar, Volume radicular, Peso fresco das folhas, Peso fresco parte aérea, Peso fresco das raízes, Peso fresco total, Peso seco das folhas, Peso seco parte aérea, Peso seco das raízes e Peso seco total - foram maiores para as plantas de juçara mantidas em sombreamento brando (S2), em relação aos demais tratamentos (Figura 6,7,8).

A biomassa fresca é um indicativo de quão hidratado se encontram os tecidos vegetais. No presente estudo, constatou-se que plantas em S2 apresentaram maiores valores de peso fresco, seguidas pelas plantas de S1 e S3 (Figura 7). O processo motriz que possibilita a hidratação dos tecidos é a transpiração, que foi maior nas plantas de juçara sob sombreamento brando, devido a uma maior abertura estomática (Figura 3). Altos valores de g_s também proporcionam maior entrada de CO_2 (Gaastra, 1959), e como discutido acima, as plantas de S2 apresentaram melhor desempenho fotossintético.

Em geral, quanto maior for a condição de sombreamento ao qual a planta está exposta, maior será a altura e a área foliar. Com respeito a altura das plantas de juçara, aquelas mantidas em sombreamento brando (S2) foi superior a S1 e S3. Segundo Moraes-Neto et al. (2000), a capacidade do crescimento em extensão da parte aérea em ambiente sombreado é um mecanismo importante para as espécies, pois configura uma valiosa estratégia para obter energia radiante e favorecer a fotossíntese (Osunkoya e Ash, 1991 e King, 1994; Gordon, 1989; Fantini e Guries, 2007). É uma resposta bastante comum, que aloca mais fotoassimilados para a parte aérea do que para raízes e inclui maior investimento no alongamento do caule e expansão

celular das folhas (Poorter, 1999; Souza e Válio, 2003). Entretanto, quando o sombreamento é muito intenso, ocorre uma redução total do crescimento, inclusive altura do caule, como observado em S3 (RFA $\sim 276,00 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$). A menor capacidade fotossintética em S3, ainda que uma resposta de aclimatação das mudas a condição vigente durante o crescimento, provavelmente contribuiu para os menores valores dos parâmetros de crescimento, inclusive quando comparados com as mudas em S1, sem sombra, que também tiveram uma fotossíntese inferior as das plantas em S2. Já as plantas do sombreamento brando, onde a RFA foi de $\sim 500 \mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$, as taxas fotossintéticas foram sempre mantidas em níveis satisfatórios (Figura 3A).

Segundo Kozlowski (1962) o crescimento em diâmetro do caule guarda uma relação mais direta com a fotossíntese líquida. E como observado, o diâmetro do caule de juçara no presente estudo foi maior nos ambientes de crescimento em que a oferta de luminosidade não foi restringida intensamente, S1 e S2, e onde a saturação da fotossíntese ocorreu entre 200-300 $\mu\text{mols m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de RFA na curva de luz (Figura 5). Concidentemente outros trabalhos reportam como sendo a intensidade de radiação a partir da qual as plantas de juçara apresentam resposta fotossintética satisfatória (Santos et al., 2012; Lavinsky et al., 2014; Tavares, 2017).

A conjunção de taxa fotossintética mais elevada e área fotossintetizante maior das plantas de juçara do tratamento S2, provavelmente beneficiou a quantidade de carboidratos produzidos, proporcionando real incremento da maioria das variáveis de crescimento, especialmente nos parâmetros da biomassa seca. Adicionalmente, não se deve descartar a interferência do ambiente luminoso/nível de sombreamento, nas concentrações relativas de clorofilas *a*, *b* e total, que reflete um mecanismo de aclimatação ao nível de luz disponível (Almeida et al., 2004; Kramer & Kozlowski., 1979; Brahm., 2010).

Segundo Chazdon et al. (1996), as espécies do estrato médio e inferior de uma floresta, como a juçara, têm o aparato fotossintético selecionado para maximizar a absorção de luz, enquanto minimiza o custo respiratório associado com a alta capacidade fotossintética. No ambiente de baixa luminosidade as plantas respondem com a diminuição da respiração no escuro juntamente com o ponto de compensação, como observado para as mudas de juçara em S3 (Tabela 3), indicando alta eficiência na captura de luz para o processo fotossintético (Singsaas et al., 2001; Sage e Kubien, 2007; Pallardy, 2008). Este mecanismo, apesar de não garantir grandes quantidades de fotoassimilados, garante a manutenção dos tecidos e órgãos já existentes. De fato, o crescimento mais lento das mudas de juçara no sombreamento intenso pode ser atribuído a esta restrição de carboidratos decorrentes dos menores valores de A (Figura 3), ao longo do experimento, e de Amax na eficiência do uso da luz (Tabela 3).

Segundo a Nakazono et al. (2001), em estudo de crescimento inicial de juçara, plantas sob maior nível de luz direta (20%) apresentaram maior biomassa, maiores taxas de crescimento e maior razão raiz/parte aérea do que as plantas recebendo 2% ou 6% da luz solar direta. Ainda, Santos et al. (2012), relatou que os valores de RFA de $3 \text{ mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$, compatíveis com um sombreamento intenso, prejudicam o estabelecimento de mudas de juçara no campo. Portanto, no presente estudo, é provável que o sombreamento em S3 correspondam os valores críticos para o estabelecimento/crescimento da juçara. Por outro lado, na condição sem sombreamento (S1) os valores dos parâmetros de crescimento foram próximos aos das plantas em sombreamento brando (S2), exceto para altura. Esses resultados confirmam que para *E. edulis* é necessário um nível de sombreamento adequado para o crescimento (Santos, 2009), ou seja, a restrição exagerada de RFA torna-se tão prejudicial quanto o seu excesso.

Mortalidade e IQM

A maior mortalidade das mudas de juçara observada no tratamento sem sombreamento (S1) (Figura 10), coincide com os resultados obtidos por Yamazoe, 1973; Mattos e Mattos, 1976; Reis et al., 1987; Bovi et al., 1990; Nakazono et al., 2001, Monteiro et al., 2017, os quais relataram a susceptibilidade de plântulas de juçara à luz solar direta. Um dos principais fatores que contribui para a mortalidade das plantas ecologicamente classificadas como ‘de sombra’ quanto expostas a luz é a instalação ou potencial desenvolvimento de um estresse fotooxidativo, que ao gerar radicais reativos de oxigênio (ROs) em uma intensidade e frequência elevadas, prejudica os processos metabólicos e as membranas biológicas da célula (Lambers et al., 2008). É possível, portanto, que a juçara apresente maior capacidade de aclimação ou plasticidade para o sombreamento do que para o excesso de luminosidade, de tal maneira que plantas sob sol pleno são veridicamente mais susceptíveis à morte.

O sucesso da implantação de cultivos está associado aos índices de seleção das mudas em viveiro, sendo um deles o IQM (Pomeroy et al., 1949; Wakeley., 1948; Wilde, 1958). As mudas quando cultivadas em condições adequadas apresentam uma relação equilibrada entre parte aérea/raiz e bons valores de IQM e, ao serem transferidas para o campo exibem maior resistência e melhor desempenho de crescimento. As mudas em S2 mostraram maior IQM do que as dos tratamentos S1 e S3. Esta característica deve-se provavelmente ao melhor crescimento (ganho de massa seca, altura e diâmetro do caule) das mudas de juçara no sombreamento brando, seguidas das mudas sem sombreamento e sombreamento intenso (Figuras 6 e 8). O melhor desempenho de qualidade das mudas em S2 e S1 pode ser atribuído principalmente ao maior acúmulo de biomassa seca, que especialmente no sombreamento brando foi devido a uma disponibilidade adequada de luz para a fotossíntese e o aproveitamento mais eficiente deste recurso, como demonstra as variáveis derivadas da curva de luz. Em S1, o

excesso de energia radiante configurou uma situação decréscimo da fotossíntese prejudicando a qualidade final da muda. Nas mudas em S3 ocorreu um desbalanço entre os órgãos, prevalecendo um maior crescimento da parte aérea (altura e área foliar) em relação a radicular. Mas ao mesmo tempo houve, nesse tratamento, menor acúmulo de biomassa seca (total e fracionadas) decorrente de uma taxa fotossintética baixa ao longo de todo experimento.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que a juçara exige um nível ideal de sombreamento, de forma que possa manter um ganho positivo de carbono, através da estabilidade do processo fotossintético, e investir em crescimento. As situações de alta (S1= 0% de atenuação; RFA= 1005 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e baixa (S3= 70% de atenuação; RFA= 276 $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$) disponibilidade de luz foram danosas aos processos de trocas gasosas e de crescimento avaliados, acarretando em mudas de qualidade inferior. Por outro lado, no sombreamento brando (S2= 50% atenuação; RFA= 480 $\mu\text{mol f\u00f3ton m}^{-2}\text{s}^{-1}$) as mudas de juçara apresentaram estabilidade e os melhores valores da troca de gasosas e eficiência de uso da luz, que resultaram em mudas mais vigorosas e, conseqüentemente, elevado IQM. Portanto, considera-se o sombreamento brando - com 50% de atenuação da luminosidade - como uma condição que pode satisfazer a produção de mudas de juçara de qualidade, viáveis para a recuperação de florestas e a atividade agrícola.

A juçara apresenta grande plasticidade e sobrevivência sob condições de sombreamento, inclusive em níveis intensos de florestas em recomposição. De fato, o presente estudo revelou que mudas de juçara em S3 (sombreamento intenso) apresentaram menores taxas de mortalidade, enquanto que sob luz solar plena (S1) a sobrevivência das mudas foi menor, indicando que as mesmas tiveram baixa tolerância a excesso de radiação solar. Contudo, não se

deve descartar o fato de que plantas adultas de juçara apresentam grande tolerância e alta produtividade e qualidade dos frutos quando em situação de alta disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa. Portanto, o grau de tolerância a sombra dependerá do nível de restrição da luminosidade concomitantemente com o estágio de desenvolvimento da planta de juçara.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como indicado em varias literaturas, a palmeira juçara apresenta uma predileção por ambientes sombreados. Esta característica foi confirmada pelos resultados do presente estudo, que demonstrou que o melhor desempenho de crescimento das mudas em sombreamento brando foi decorrente de uma adequada e estável assimilação fotossintética. Sendo assim, o cultivo da juçara em campo deve seguir um sistema que ofereça um ambiente luminoso que permita o estabelecimento adequado das plantas.

Os sistemas agroflorestais (SAFs), considerados uma boa alternativa para otimização das áreas produtivas, podem ser também benéficos ao cultivo da juçara. Como a palmeira apresenta uma longa fase juvenil, iniciado sua produção somente aos 6-7 anos de idade, o consórcio com outras culturas pode proporcionar uma luminosidade adequada nesta fase vegetativa. De fato, Alabarce (2016) demonstrou que mudas de juçara cultivadas em consórcio com bananeira mostram melhor desempenho de crescimento em comparação com as introduzidas na floresta nativa. No consórcio a RFA foi de $\sim 490 \mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, valor condizente com o tratamento S2 deste estudo, enquanto que na floresta a RFA de $\sim 170 \mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ aproxima-se ao tratamento S1.

Portanto, para assegurar um melhor desenvolvimento inicial da juçara no campo, é necessário não só o uso de mudas de boa qualidade, como também garantir um ambiente de sombreamento adequado que possibilite a continuidade satisfatória do crescimento. A escolha

da cultura-parceira deve considerar os fatores que influenciam diretamente a quantidade de luz nos estratos inferior e médio (duração do ciclo de vida, o hábito de crescimento e o espaçamento) bem como a rentabilidade. Nesse sentido, a adoção de sistemas consorciados de juçara com culturas como bananeira, café e cacau pode ser considerada uma boa estratégia econômica e social de exploração agrícola.

10. Referências Bibliográficas

- Aguiar, F. (2002). **Produção de mudas de palmito-juçara *Euterpe edulis* Mart. São Paulo: Instituto de Botânica.**
- Alabarce Fernanda da Silva. **Caracterização ecofisiológica do estabelecimento inicial de *Euterpe edulis* MARTIUS em agrofloresta.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul instituto de biociências programa de pós-graduação em botânica. porto alegre, 2016.
- Almeida, L. P. de, Alvarenga, A. A. de; Castro, E. M. de; Zanela, S. M.; Vieira, C. V. **Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar.** Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 83-88, 2004.
- Almenara, M.R. **Definição e Ocorrência da Fotoinibição.** LEAF, 1998. Disponível em: <http://server2.iq.ufrj.br/~almenara/fotoinibicao.htm>. Acesso em: 15/maio/2007.
- Andrade, J. D. P. **Manejo Florestal no estado do Espírito Santo: o cultivo da palmeira juçara (*Euterpe edulis*) como alternativa econômica e ambiental.** Monografia (Universidade Federal de Santa Cruz). Ilhéus, BA. Concurso de Monografia-III Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado Florestal. 3º lugar. 2015
- Avalos, G. **Shade tolerance within the context of the successional process in tropical rain forests.** Revista de Biología Tropical, v.67, n. 2, p. 53-77 2019
- Baltzer, J. L., & Thomas, S. C. **Determinants of whole-plant light requirements in Bornean rain forest tree saplings.** Journal of Ecology, v. 95, n .6, p.1208-1221. 2007.
- Barber, J. & Andersson, B. **Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis.** TIBS, v. 17, p. 61-66. 1992.
- Barroso, R.M; Reis, A.; Hanazaki, N. **Etnoecologia e etnobotânica da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Martius) em comunidades quilombolas do Vale do Ribeira, São Paulo.** ActaBotanica Brasilica, Belo Horizonte- MG, v.24, n.2, p.518-528, 2010.
- Bjorkman, O. **Responses to different quantum flux densities.** In: Enc. Plant Physiol., Physiological plant ecology I. Berlin : Springer-Verlag, v.12A, p.57- 107, 1981.
- Bongartem, B. C.; Teskey, R. O. **Dry weight partitioning and its relationships to productivity in loblolly pine seedling from seven sources.** Forest Science, v. 33, n. 3, p. 255-267, 1987.
- Borges, G. S. C., Vieira, F. G. K., Copetti, C., Gonzaga, L. V., Zambiasi, R. C., Mancini Filho, J., & Fett, R. **Chemical characterization, bioactive compounds, and antioxidant capacity of Jussara (*Euterpe edulis*) fruit from the Atlantic Forest in southern Brazil.** Food Research International, v. 44, n.7, p. 2128–2133. 2011.
- Bovi, M. L. A.; Godoy-Júnior, G.; Saes, L. A.; Mori, E. E. M. **Subsídios para o sistema de manejo auto-sustentado do palmiteiro.** Boletim Técnico IAC, Campinas, SP, n. 137, 25p, 1990.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa no 6 de 23, de setembro de 2008. Lista oficial das espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção.** Diário Oficial [da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2008.

- Calbo, M.E.R. e Moraes, J.A.P.V. **Efeitos da deficiência de água em plantas de Euterpe oleracea (açai).** *Revta brasil. Bot.*, v.23, n.3, p.225-230, 2000.
- Calbo, M.E.R. e Moraes, J.A.P.V. **Fotossíntese, condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico.** *Rev. bras. Fisiol. Veg.*, v.9, n.2, p.117-123, 1997.
- Campanili, Maura; Prochnow, Miriam. **Mata Atlântica: uma rede pela floresta. Brasília: RMA, 2006.** 322p.
- Carneiro JGA, Castellano AC. **Sombreamento em canteiros de mudas de Euterpe edulis (Palmitreiro).** Boletim DPV, Curitiba, Secretaria de Agricultura do Paraná. p.8, 1973.
- Carvalho, P. (1993). **Silvicultura de espécies nativas do Brasil.** Curitiba: Embrapa.
- Carvalho, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras.** Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.
- Cembraneli, F., Fisch, S.T.V., Carvalho, C.P. **Exploração sustentável da palmeira Euterpe edulis Mart. no bioma Mata Atlântica, Vale do Paraíba, SP.** *Revista Ceres*, v.56, v.3, p.233-240, 2009.
- Chen, H. Y. H.; Klinka, K. **Light availability and photosynthesis of Pseudotsuga menziesii seedlings grown in the open and in the forest understory.** *Tree Physiology*, v. 17, p. 23-29, 1996.
- Claussen, J. W. **Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity.** *Forest Ecology and Management*, v.80, p. 245-255, 1996.
- Clement, C. R., Rocha, S. F. R., Cole, D. M., & Vivan, J. L. **Conservação on farm.** Recursos genéticos vegetais, p.511-543, 2007.
- Conte R, Reis A, Mantovani A. **Dinâmica da regeneração natural de Euterpe edulis Mart. (Palmae) na Floresta Ombrófila Densa da Encosta Atlântica. In: Euterpe edulis Martius (palmitreiro): biologia, conservação e manejo.** Reis MS, Reis A. (eds.). Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues. 2000.
- Corley, R.H.V. & Tinker, P.B. **The Oil Palm. 4th Edition,** Wiley, Hoboken, 2003, 562 p
- Costa, Edilson et al., **Diferentes composições de substratos e ambientes protegidos na formação de mudas de pé-franco de tamarindeiro.** *Rev. Bras. Frutic.* [online]. 2012, vol.34, n.4 [cited 2020-09-04], pp.1189-1198.
- Crescimento Inicial De Palmeira Juçara (Euterpe Edulis Martius) Sob Sombreamento :Cruz, C.D., GENES - **a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics.** *Acta Sci.* v.35, n.3, p.271-276, 2013. do Carmo Araújo, Saulo Alberto, and Bruno Borges Deminicis. "Fotoinibição da fotossíntese." *Revista Brasileira de Biociências* 7.4, 2009.

- Dapont, E.C. **Aceleração da germinação e sombreamento na formação de mudas de açaí.** 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2012.
- Da Silva, N. A., Rodrigues, E., Mercadante, A. Z., & de Rosso, V. V. **Phenolic compounds and carotenoids from four fruits native from the Brazilian Atlantic forest.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.62, p.5072–5084, 2014.
- Delarmelina, W.M., Caldeira, M.V.W., Faria, J.C.T., Gonçalves, E. O., Rocha, R.L.F. **Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*.** *Floresta e Ambiente*, v.21, n.2, p.224-233, 2014.
- Dias, A. N. **Capacidade de aclimação à luz no estabelecimento inicial de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lood. Ex Mart.) em condições de viveiro e em campo.** 2015.
- Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J.F. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries.** *Forest Chronicles*, v. 36, p. 10-13,1960.
- Dorneles, L. L., Zillikens, A., Steiner, J., & Padilha, M. T. S. **Biologia da polinização de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: Apini) em sistema agrofl orestal na Ilha de Santa Catarina.** *Iheringia. Série Botânica.*, v.68, n.1, p.47-57. 2013.
- Dos Santos, M. L. S., França, S., Gomes, F. P., do Nascimento, J. L., Silva, L. D. A., & Mielke, M. S. **Low light availability affects leaf gas exchange, growth and survival of *Euterpe edulis* seedlings transplanted into the understory of an anthropic tropical rainforest.** *Southern Forests: a Journal of Forest Science*, v.74, n.3, p.167-174, 2012.
- Ehleringer, J. R., & Osmond, C. B. **In Plant Physiological Ecology: Field Methods and Instrumentation**, Percy RW, Ehleringer J, Mooney HA, Rundel PW. 1989.
- Fantini, A.C., Guries, R.P. **Forest structure and productivity of palmiteiro (*Euterpe edulis* Martius) in the Brazilian Mata Atlântica.** *Forest Ecology and Management*, v.242, n.2, p.185-194. 2007.
- Fávaro, L. B. **Estudo ecológico e econômico da palmeira juçara (*Euterpe edulis* mart.) no entorno do parque estadual serra do brigadeiro (pesb), mg.**; capítulo 3 viabilidade da produção de polpa de açaí de *Euterpe edulis* mart. na zona da mata de minas gerais. viçosa, minas gerais, brasil 2012
- Favreto, R. **Aspectos etnoecológicos e ecofisiológicos de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae).** 2010.
- Floss, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê.** 3. ed. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.
- Fonseca, É.D.P., Valéri, S.V., Miglioranza, É., Fonseca, N.A.N., Couto, L. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento.** *Revista Árvore*. p.515- 523, 2002.

Gaastra, Pieter. **Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature, and stomatal diffusion resistance.** Diss. Veenman, 1959.

Galetti, M.; Ziparro, V.; Morellato, L.P. **Fruiting phenology and frugivory on the palm *Euterpe edulis* in a lowland Atlantic forest of Brazil.** *Ecotropica* v.5, p.115-122. 1999.

Galmés, J., Aranjuelo, I., Medrano, H., & Flexas, J. (2013). **Variation in Rubisco content and activity under variable climatic factors.** *Photosynthesis Research*, v. 117, n. 1, p. 73-90. 2013

Gatti, Maria Genoveva; CAMPANELLO, Paula Inês; GOLDSTEIN, Guillermo. **Growth and leaf production in the tropical palm *Euterpe edulis*: Light conditions versus developmental constraints.** *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 206, n. 8, p. 742-748, 2011.

Givnish, T.J., Montgomery, R.A. & Goldstein, G. **Adaptive radiation of photosynthetic physiology in the havaiian lobeliads: light regimes, static light responses, and whole-plant compensation points.** *American Journal of Botany* v. 91, n. 2, p. 228-246. 2004.

Gordon, J. C. **Effect of shade on photosynthesis and dry weight distribution in yellow birch (*Betula alleghaniensis* Britton) seedlings.** *Ecology*, v. 50, n. 5, p. 924-926, 1989.

Grandis, A. **Respostas fotossintéticas e de crescimento da espécie amazônica *Senna reticulata* sob elevada concentração de CO₂** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo). 2010.

Guerra, M.P.; Nodari, R.O.; Reis, A. **Considerações sobre o palmitheiro no sul do Brasil.** *Insula*, v. 14, p. 171-180, 1984.

Guimarães, D.H. P.; Mascigrande, D.D. **Polpas de juçara e açaí: diferenças reológicas em função da temperatura e teor de sólidos suspensos.** *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava/PR*, v.4, p.169-181, 2011.

Guimarães, D.P.; Sans, L.M.A.; Moraes, A.V.C. **Estimativa da área foliar de cultivares de milho.** In: **Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 24, Florianópolis.** Anais... Florianópolis: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 1 CD-ROM, 2002.

Guimarães, L.A.O.P., Souza, R.G. ***Palmeira juçara: patrimônio natural da Mata Atlântica no Espírito Santo.*** 1ed. Vitória-ES: Incaper, 68p. ISBN 978-85- 89274-27-2, 2017.

Guimarães, L.A.O.P.; DE Souza, R.G.; Dorzenoni, R.R.; Mendonça, G.C. **Produção e maturação de frutos de palmeira juçara: primeiros resultados para a região Serrana do Espírito Santo.** In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, **Anais.** ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 15, 2015, São José dos Campos. UNIVAP, 2015

Henderson, Andrew; Galeano, Gloria. *Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia (Palmae).* *Flora Neotropica*, 1996, 1-89 p.

Hsiao, T.C. **Plant response to water stress.** *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.4, p.519- 70, 1973.

Iaderoza, M.; Baldini, V.L.S.; Draetta, S. E.; Bovi, M. L. A. **Anthocyanins from fruits of açai (*Euterpe oleracea* Mart) and juçara (*Euterpe edulis* Mart).** Tropical Science, v.32, p. 41-46, 1992.

Illenseer, R.;Paulilo, M.T.S. **Crescimento e eficiência na utilização de nutrientes em plantas jovens de *Euterpe edulis* Mart. sob dois níveis de irradiância, nitrogênio e fósforo.** Acta Botanica Brasilica. v.16, n.4, p.69-77, 2002.

In: Wilson, E. O. (Org); **Biodiversidade – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997**

Inada, K. O. P., Oliveira, A. A., Revorêdo, T. B., Martins, A. B. N., Lacerda, E. C. Q., Freire, A. S, Monteiro, M. C. **Screening of the chemical composition and occurring antioxidants in jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) and jussara (*Euterpe edulis*) fruits and their fractions.** Journal of Functional Foods, v.17, p. 422–433, 2015.

Inoue, M.T.; Roderjan, C.V.; Kunioshi, Y.S. **Projeto Madeira do Paraná. Curitiba, FUFPEF. 1984, 260 p.**

Jessica Gurevitch, Samuel M. Scheiner, Gordon A. **The Ecology of Plants First edition, Sinour ed. MA –USA. 540pg, 2006.**

Jones, H.G. **Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology.** Cambridge: University Press, 1992, 428p.

juçara: patrimonio natural da Mata Atlantica no Espirito Santo/organizadores, Lorena Abdalla de Oliveira Prata Guimaraes e Roberta Guimaraes de Souza. – Vitoria, ES: Incaper, 2017. 68 p.

King, D. **Influence of light level on the growth and morphology of saplings in a Panamanian forest.** American Journal of Botany, v.81, n. 8, p. 948-957, 1994.

Kitao, M. et al. **Susceptibility to photoinhibition of three deciduous broadleaf tree species with different successional traits raised under various light regimes.** Plant, Cell and Environment, n. 23, p.81-89, 2000.

Kleovoulos Athanasiou, Beth C. Dyson, Rachel E. Webster, and Giles N. Johnson* **Dynamic Acclimation of Photosynthesis Increases Plant Fitness in Changing Environments Plant Physiology, January, v. 152, p. 366–373, 2010.**

Kozlowski, T. T. **Tree growth. New York: The Ronald Press Company, 1962. p. 149-170.**

Kramer, T.; Kozlowski, T. **Physiology of woody plants. Academic, New York, USA, 1979, 811p.**

Lacerda, C. F.; Enéas Filho, J.; Pinheiro, C. B. **Fisiologia Vegetal. Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, 2007. 356p. Disponível em: <<http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/apostila.htm>>. Acesso em: 1 de julho de 2020.**

Lambers, H., Chapin, F.S. III, Pons, T.L. **Plant Physiological Ecology.** Springer-Verlag, New York. 540pp, 2008.

- Larcher, W. **Physiological plant ecology**. 3 ed., Berlin: Academic Press, 1995. 506p.
- Lavinsky, A. O. **Características fotossintéticas e crescimento inicial de mudas de *Euterpe edulis* em ambientes de ‘Cabruca’**. Ilhéus: UESC. Dissertação de Mestrado. Ilhéus-BA. 2009.
- Lavinsky, A. O., et al. **Photosynthetic acclimation in shade-developed leaves of *Euterpe edulis* Mart (Arecaceae) after long-term exposure to high light**. *Photosynthetica*, v.52, n. 3, p. 351-357, 2014.
- Leakey, A.D.B., Scholes, J.D., Press, M.C.: **Physiological and ecological significance of sunflecks for dipterocarp seedlings**. *J. Exp. Bot.* v. 56, p. 469-482, 2005.
- Lemos-Filho, J.P. **Fotoinibição em três espécies do cerrado (*Annona crassifolia*, *Eugenia dysentericae* e *Campomanesia adamantium*) na estação seca e na chuvosa**. *Revista Brasileira de Botânica*, v.23, p. 45-50, 2000.
- Lima, C. P. et al. **Conteúdo polifenólico e atividade antioxidante dos frutos da palmeira Juçara (*Euterpe edulis* Martius)**. *Rev. Bras. Pl. Med., Botucatu*, v. 14, n. 2, p. 321-326, 2012.
- Lorenzi, H. **Palmeiras do Brasil: exóticas e nativas / Harri Lorenzi**. – Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1996.
- Lorenzi, Harri J. ***Flora brasileira: 'Arecaceae' (palmeiras)***. Instituto Plantarum, 2010.
- Lüttge, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 384p.
- Luize virginia zonta, **PRODUÇÃO DE MUDAS DE JUÇARA EM SUBSTRATOS À BASE DE CAROÇO DE *Euterpe* sp.** 2019.
- Macedo, J. H. P.; Ritteshofer, F. O.; Dessewffy, A. **A silvicultura e a indústria do palmito. Porto Alegre. Secretaria da Agricultura do Estado do Rio Grande do Sul**. 61 p. il. s.d.
- Marshall, B.; Biscoe, P. V. **A model for C3 leaves describing the dependence of net photosynthesis on irradiance**. *Journal of Experimental Botany*, v. 31, n. 1, p. 29-39, 1980.
- Martins, S. V., & Souza, M. N. (2009). **Cultivo do palmitreiro Juçara (*Euterpe Edulis* Mart.): produção de palmito e restauração florestal**. *Viçosa: Aprenda Fácil*.
- Marana, João Paulo; Miglioranza, Édison; Fonseca, Ésio de Pádua. **Qualidade de mudas de Jaracatiá submetidas a diferentes períodos de sombreamentos em viveiros**. *Revista Árvore*, v.39, n.2, p.275-282, 2015.
- Mattos, M. D. L.; Mattos, C. C. L. V. **Palmito juçara - *Euterpe edulis* Mart. (Palmae) - uma espécie a plantar, manejar e proteger**. *Brasil Florestal*. v. 7, p. 9-20, 1976.
- Mayara Schulz. Graciele da Silva Campelo Borges, Luciano Valdemiro Gonzaga, Ana Carolina Oliveira Costa, Roseane Fett. **Food Research International** 89. p.14–26, 2016.
- Medeiros, Carlos Alberto, and Carlos Reisser Junior. **Efeito de substratos e do sombreamento no desenvolvimento de plantas de palmeira-juçara *Euterpe edulis* (Mart.) e palmeira-real *Roystonea regia* (Kunth)**. MS thesis. Universidade Federal de Pelotas. Rafael Ücker Brahm, 2010.

Medlyn, Optimal stomatal behaviour under stochastic rainfall, **Journal of Theoretical Biology**, v. 394, p. 160-171, 2016.

Moreira, A. B. **Mensuração da palmeira juçara (*Euterpe edulis* Mart.) como subsídio para o manejo da produção de frutos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-21082013-140426/pt-br.php>> Acesso em: 25 mar. 2014, 15:16:19.

Monteiro, C. B. **Lodo de esgoto e diferentes sombreamentos na produção de mudas de palmeira juçara**. 2018.

Nakazono EM, Costa MC, Futatsugi K, Paulilo MTS. **Crescimento inicial de *Euterpe edulis* em diferentes regimes de luz**. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 24, p. 173–179, 2001.

Neuburger, M.; Souza, T.V.; Paulilo, M.T. **Crescimento inicial de plantas *Euterpe edulis* Mart. em diferentes condições de luz, água e nutrientes**. *Rodriguésia*, v. 61, n. 2, p. 157-165, 2010.

Niinemets, U. **Photosynthesis and resource distribution through plant canopies**. **Plant, Cell and Environment**, v. 30, p. 1052-1071, 2007.

Non-rectangular hyperbola following Marshall and Biscoe. at: <http://landflux.org/Tools.php>. 1980.

Novaes, A. B. D. **Avaliação morfofisiológica da qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. produzidas em raiz nua e em diferentes tipos de recipientes**. 1998.

Oliveira, J., Alves, P.L.C.A. & Magalhaes, A.C. **The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings: The protective action of chloroplastid pigments**. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v. 14, p. 95-104, 2002.

Oliveira, Ludmila Cristina. **Palinologia, citogenética e conteúdo de DNA nuclear em espécies do gênero *Euterpe***. PhD Thesis. Master's thesis, UFLA, Lavras. 2011.

Osunkoya. O. A.; Ash, J. E. **Acclimation to a change in light regime in seedlings of six Australian rainforest tree species**. *Australian Journal of Botany*, v. 39, p. 591-605, 1991.

Pallardy, S. G. **Physiology of Woody Plants**, 3rd ed. Academic Press, New York, p. 464, 2008.

Pamponét, Thede Caíres. **Fotossíntese, produção de fibras e distribuição do sistema radicular em piaçaveiras sombreada e a pleno sol / Thede Caíres Pamponét**. – Ilhéus, BA: UESC/ PPGPV, 2009.

Paulilo M. T. **Ecofisiologia de plântulas e plantas jovens de *Euterpe edulis*: comportamento em relação a variação de luz**. In: Reis MS, Reis A (eds) *Euterpe edulis* Mart. (palmeiteiro)—biologia, conservação e manejo. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, pp 93–105, 2000.

Parviainen, J. V. **Qualidade e avaliação da qualidade de mudas florestais.** In: Seminário de Sementes e Viveiros Florestais, 1., 1981, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, p. 59-90, 1981.

Pereira, D. C. de S.; Campos, A. N. da R.; Martins, E. M. F.; Martins, M. L. **Utilização dos frutos da palmeira-juçara (*Euterpe edulis* Martius) como estratégia para conservação da espécie e alternativa de renda para o município de Rio Pomba, Minas Gerais.** In: CAMPOS, A.N. da R.; PENA, S. de M.; TREVIZANO, L.M.; CAETANO, F.B.; MOREIRA, L.A.; MATTOS, LUCIANA N. de (Orgs.). *Ciência e Tecnologia no Campus Rio Pomba do IF Sudeste MG: contribuições para a Zona da Mata Mineira.* 1. ed. Rio Pomba, MG: IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba. Cap. 1, p. 6-25, 2016.

Pierin Neto, Leone. **Influência do recipiente na qualidade de mudas de *Euterpe edulis* Martius (Juçara) e *Araucaria angustifolia* (Bertol) Kuntze (araucaria).** 2015

Pimentel, L. D., Bruckner, C. H., Manfio, C. E., Motoike, S. Y. & Martinez, H. E. P. **Substrate, lime, phosphorus and topdress fertilization in macaw palm seedling production.** v. 40, p. 235–244, 2016.

Rodrigo Favreto, Ricardo Silva Pereira Mello, Luís Rios de Moura Baptista. **Growth of *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) under forest and agroforestry in southern Brazil Agroforest System (2010).** v. 80, p.303–313, 2010.

Pomeroy, K. B., F. K. Green, and L. B. Burkett. **Importance of stock quality in survival and growth of planted trees** Jour. v. 47, p. 706-707, 1949.

Poorter, L. **Growth response of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits.** Functional Ecology. V. 13, p. 396-410, 1999.

Portes, M. T.; Alves, T. H.; Souza, G. M. **Water deficit affects photosynthetic induction in *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae) and *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Rutaceae) growing in understorey and gap conditions.** Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 18, n. 4, p. 491-502, 2006.

Raup, S. V.; Brack, P.; Leite, S.L. de C. **Aspectos demográficos de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.) em uma área da Floresta Atlântica de Encosta, em Maquiné, Rio Grande do Sul.** Iheringia – Série Botânica, Porto Alegre, v. 64, p. 57-61, 2009.

Reis, A. & Kageyama, P.Y. **Dispersão de sementes do palmitreiro (*Euterpe edulis* Martius - *Palmae*), pp. 60-92.** In: Reis, M.S. & Reis, A. (eds.). *Euterpe edulis* Martius (palmitreiro): biologia, conservação e manejo. 2000. Itajaí, Herbário Barbosa Rodrigues. 335p. apud Silva, Alexandre Rodrigues da. **Frugivoria e dispersão de sementes de *Euterpe edulis* mart.(arecaceae) por mamíferos e aves silvestres em área de floresta ombrófila densa no município de Maquiné, RS.** 2015.

Reis, A. **Dispersão de sementes de *Euterpe edulis* Martius – (*Palmae*) em uma Floresta Ombrófila Densa Montana da encosta atlântica em Blumenau, SC.** Tese de Doutorado. UNICAMP. Campinas, p. 154, 1995.

Reis, M. S.; Conte, R.; Fantini, A. C.; Nodari, R. O. **Caracterização do incremento em diâmetro de *Euterpe edulis* Martius e implicações para o seu manejo em formações florestais secundárias.** Revista Árvore, v. 23, n. 4, p. 413-422, 1999.

Reis, M. S.; Nodari, R. O.; Guerra, M. P.; Reis, A. **Desenvolvimento do palmiteiro: I. Caracterização até os 18 meses sob diferentes níveis de sombreamento.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISADORES EM PALMITO,1., Curitiba. Anais... EMBRAPA- CNPF, p.14-145. 1987.

Reis, M.S. dos; Fantini, A.C.; Nodari, R.O.; Reis, A.; Guerra, M.P.; Mantovani, A. **Management and conservation of natural populations in atlantic rain forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius).** Biotropica, v.32, p. 894-902, 2000.

Reis, T. Zoneamento ambiental para a palmeira juçara com foco na produção de frutos: potencialidades para a agricultura familiar. 2012. **Dissertação de Mestrado** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC. P. 111, 2012.

Reitz, R.; Klein, R.M.; Reis, A. Projeto Madeira do Rio Grande do Sul. Companhia Rio-grandense de Artes Gráficas – CORAG. **Superintendência do Desenvolvimento da Região Sul – SUDESUL, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Herbário Barbosa Rodrigues – HBR.** 1988, 525 p.

Relatório Técnico: **Análise e Plano de Melhoria da Cadeia de Valor da Polpa dos Frutos da Palmeira Juçara Novembro de 2013**, Coordenação geral: Ação Nascente Maquiné (ANAMA) Realização: Rede Juçara – www.redejucara.org.br Equipe executora: Gustavo Martins – Agrônomo (ANAMA) Hamilton Bacit Bufalo – Técnico (IPEMA) Letícia CasarottoTroian – Bióloga (ANAMA) Luciano Maciel Corbellini – Biólogo/Produtor (IÇARA) Elaboração: Luciana Rocha.

Renan baptista monteiro, espírito santo. **Estrutura e distribuição espacial de *Euterpe edulis* em um fragmento florestal no município de Alegre-ES.** Universidade federal do espírito santo, centro de ciências agrárias e engenharias, departamento de ciências florestais e da madeira. 2017.

Ribeiro, L. DE O.; Mendes, M.F.; Pereira, C. DE S.S. **Avaliação da Composição Centesimal, Mineral e Teor de Antocianinas da Polpa de Juçará (*Euterpe edulis* Martius).** Revista Eletrônica TECCEN, v. 4, p. 5-16, 2011.

Ribeiro, R.J., Portilho, W.G., Reis, A., Fantini, A.C., Reis, M.S. **O manejo sustentado do palmiteiro no Vale do Ribeira. *Florestar Estatístico***, v.1, n.3, p.15-16, 1994.

Rufino, M. S. M.; Alves, R. E.; Brito, E. S.; Pérez-Jiménez, J.; Saura- Calixto, F.; Mancini-Filho, J. **Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil.** Food Chemistry, v. 121, p. 996-1002, 2010.

Ruschel A, Reis MS, Nodari Ro. **Genetic variation of *Euterpe edulis* progenies under different light intensities** In: Abstracts of the 43rd Congresso Nacional de Genética, Goiânia, 1997. Braz J Genet 20 (3 Suppl.): 326, 1997.

- Sage, R. F., Kubien, D. S., 2007. **The temperature response of C3 and C4 photosynthesis.** *Plant Cell Environ.*, v.30, p.1086–1106, 2007.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. **Plant Physiology.** Belmont: Wadsworth Publishing Co, 1992, 682 p.
- Santos, M. L. **Estabelecimento e crescimento de mudas de euterpe edulis em três ambientes florestais (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).** Universidade Estadual de Santa Cruz–UESC. ILHÉUS). 2009.
- Schulze, E.D., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. **Plant ecology.** Springer, Berlin. 2005, 702 p.
- Schulz, M, Borges, G. S. C., Gonzaga, L. V., Seraglio, S. K. T., Olivo, I. S., Azevedo, M. S., Fett, R. **Chemical composition, bioactive compounds and antioxidant capacity of juçara fruit (Euterpe edulis Martius) during ripening.** *Food Research International*, v. 77, p. 125–131, 2015.
- Sharkey TD, Raschke K. Separation and measurement of direct and indirect effects of light on stomata. *Plant Physiology* v.68, p. 33–40, 1981.
- Silva Júnior, W. M. et al. **Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG.** *Scientia Florestalis*, n.66, p.169-179, 2004.
- Singsaas, E. L., Ort, D. R., DE Lucia, E. H. **Variation in measured values of photosynthetic quantum yield in ecophysiological studies.** *Oecologia*, v. 128, p. 15–23.
- Skillman, J.B. **Quantum yield variation across the three pathways of photosynthesis: no yet ot of the dark.** *Journal of Experimental Botany*, v.59, n.7, p.1647-1661, 2008.
- Souza RP, Válio IFM. **Seedling growth of fifteen Brazilian tropical tree species differing in successional status.** *Revista Brasileira de Botânica* v.26, p. 35-47, 2003.
- Souza, S. E. X. F. D. **Manejo de Euterpe edulis Mart. para produção de polpa de fruta: subsídios à conservação da biodiversidade e fortalecimento comunitário (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).** 2015.
- Strauss-debenedetti, S.; Bazzaz, F. **Photosynthetic characteristics of tropical trees along successional gradients.** In: MULKEY, S.S., CHAZDON, R.L., SMITH, A.P. (Eds.), *Tropical Forest Plant Ecophysiology.* New York: Chapman and Hall, p. 162-186, 1996.
- Tavares, R. F. M. **Crescimento e fisiologia de mudas de açaí e juçara cultivadas sob estresse hídrico.** *Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro,* 2017.
- Tsukamoto, A. D. F. A., Grisi, R. L. M., & Venturin, N. **Aspectos fisiológicos e silviculturais do palmitero (Euterpe edulis Martius) plantado em diferentes tipos de consórcios no município de Lavras, Minas Gerais.** *CERNE*, v.7, n. 1, p. 54-68, 2001.
- Valladares, F. ; Allen, M. T.; Pearcy, R. W. **Photosynthetic responses to dynamic light under field conditions in six tropical rainforest shrubs occurring along a light gradient.** *Oecologia*, v. 111, n. 4, p. 505-514, 1997.

- Valladares F, Niinemets U. **Shade tolerance, a key plant trait of complex nature and consequences.** Annual Review of Ecology, Systematics and Evolution v. 3, p. 237-257, 2008.
- Wakeley, P. C. **Physiological grades of southern pine nursery stock.** Soc. Amer. Foresters Proc. v. 3, n. 1, p. 1-322, 1948.
- Walter Larcher, **Ecofisiologia vegetal, Editora RiMa Artes e Textos / São Paulo.** 2000, 531p.
- Walters, M.B. & Reich, P.B. **Seed size, nitrogensupply and growth rate affect tree seedling survival indeep shade.** Ecology, in press. 2000.
- Walters RG **Towards an understanding of photosynthetic acclimation.** J Exp Bot v. 56, p. 435–447, 2005.
- Wilde, S. A. **Forest soils.** Ronald Press, New York, N.Y. 1958.
- Wong SC, Cowan IR, Farquhar GD. **Stomatal conductance correlates with photosynthetic capacity.** Nature v. 282, p. 424–426, 1979.
- Wong SC, Cowan IR, Farquhar GD. **Leaf conductance in relation to rate of CO(2) assimilation: I. Influence of nitrogen nutrition, phosphorus nutrition, photon flux density, and ambient partial pressure of CO(2) during ontogeny.** Plant Physiology v. 78, p. 821–825, 1985.
- Yamazoe, G. **Observações preliminares sobre a cultura de Euterpe edulis Mart.** Boletim Técnico do Instituto Florestal, v. 6, p.17-22. 1973.

11. Apêndices (tabela anova dos resultados)

Anova (F-test) Figura 3. Trocas gasosas ao longo de 240 DAPs

FV	30DAPs	60DAPs	120DAPs	150DAPs	180DAPs	210DAPs	240DAPs
A	5.7442*	15.0981**	3.346	3.9797*	6.3823*	6.2867*	0.3488
gs	0.8145	1.742	6.3*	4.4114*	0.1	2.5711	1.9172
E	1.0545	2.4815	5.7036*	2.9166	0.1355	2.8481	3.4155
Ci/Ca	1.5621	17.2186**	3.8049	2.9339	4.9783*	1.2578	1.2438

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.

Anova (F-test) Figura 5

FV	Amax	LCP	α	Rdark
TRATAMENTOS	4.1934*	3.8895*	0.202	3.0414

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.

Anova (F-test) Figura 6

FV	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Área foliar (cm ²)	Volume Radicular (cm ³)
DAP	147.14671**	92.57423**	114.32002**	105.84617**
Sombra	34.52156**	9.98603**	23.59841**	26.84968**
DAPxSombra	7.44604**	1.45793	6.51962**	7.71901**

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.

Anova (F-test) Figura 7 **Peso fresco**

FV	Folhas (g)	Parte Aérea (g)	Raízes (g)	Total (g)
DAP	132.80352**	160.19534**	95.90649**	144.84699**
Sombra	30.50239**	30.3779**	25.34604**	29.73393**
DAPsxSombra	8.84875**	8.63782**	7.08887**	8.50161**

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.

Anova (F-test) Figura 8 **Peso seco**

FV	Folhas (g)	Parte Aérea (g)	Raízes (g)	Total (g)
DAP	130.81061**	125.27914**	105.13366**	127.38951**
Sombra	28.82141**	29.44471**	24.73617**	29.90294**
DAPxSombra	8.25721**	9.30455**	7.29425 **	9.25697**

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.

Anova (F-test) Figura 9 **IQM**

FV	IQM
Sombra	7.1164**

Correlação intraclasse (*). * e ** indicam o significado estatístico em $p < 0,05$ e $p < 0,01$ por teste F, respectivamente. Os dados são expressos como valor F.