

Resíduo de açaí como substrato alternativo para paricá

Açaí waste as an alternative substrate for paricá

Adriene de Oliveira Bastos¹, Cassio Rafael Costa dos Santos², Marília Shibata³

RESUMO: Substratos orgânicos são uma alternativa promissora na produção de mudas florestais considerando aspectos socioambientais. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento inicial de mudas de paricá em substratos formados pelo resíduo orgânico caroço de açaí (C.A.) com e sem fertilizantes minerais (N-P-K). O experimento foi instalado com delineamento em blocos com esquema fatorial 4x2, sendo quatro proporções de C.A. (0%, 10%, 20% e 40%) e duas condições de adubação mineral (presença - C/NPK ou ausência - S/NPK), com cinco repetições. Realizaram-se quatro avaliações quinzenais de parâmetros morfológicos e, após 60 dias, a avaliação final das variáveis: biomassa seca da parte aérea e raiz, índice de qualidade de Dickson (IQD), e as concentrações de clorofilas e carotenoides. As mudas apresentaram comportamento quadrático no incremento do diâmetro, altura e número de folhas com melhores resultados obtidos nos tratamentos com 0% C.A. C/NPK e 0%, 10% e 20% C.A. S/NPK. Após 60 dias do transplante, os melhores resultados foram observados nos tratamentos com 0%, 10% e 20% C.A. S/NPK e 0% C.A. C/NPK para as variáveis morfológicas. Tais resultados foram semelhantes para as variáveis de biomassa e para o conteúdo de pigmentos, exceto o tratamento 20% C.A. S/NPK para clorofila *b* e total. Com base no IQD, com adubação não se recomenda o uso de C.A. Sem adubação recomenda-se a proporção de 19% de C.A. para produção de mudas de paricá.

Palavras-chave: Resíduo agroindustrial. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*. Substrato alternativo.

ABSTRACT: Organic substrates are a promising alternative in the production of forest seedlings considering socio-environmental aspects. Thus, the objective was to evaluate the initial growth of paricá seedlings in substrates formed by organic residue açai stone (C.A.) with and without mineral fertilizers (N-P-K). The experiment was set up in block design with a 4x2 factorial scheme, with four proportions of C.A. (0%, 10%, 20% and 40%) and two conditions of mineral fertilization (presence - C/NPK or absence - S/NPK), with five repetitions. Five biweekly evaluations of morphological parameters were performed and, after 60 days, the final evaluation of the variables: dry biomass of the aerial part and root, Dickson quality index (DQI), and the concentrations of chlorophylls and carotenoids. The seedlings showed quadratic behavior in the increase of diameter, height and number of leaves with the best results obtained in the treatments with 0% C.A. C/NPK and 0%, 10% and 20% C.A. S/NPK. Sixty days after transplanting, the best results were observed in the treatments with 0%, 10% and 20% C.A. S/NPK and 0% C.A. C/NPK for morphological variables. Such results were similar for biomass variables and pigment content, except for the 20% C.A. S/NPK treatment for *b* and total chlorophyll. Based on the IQD, with fertilization the use of C.A. is not recommended. Without fertilization a proportion of 19% of C.A. is recommended for the production of paricá seedlings.

Keywords: Agroindustrial residue. Alternative substrate. *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*.

Autor correspondente: Adriene de Oliveira Bastos
E-mail: adriene5196@gmail.com

Recebido em: 30/08/2022
Aceito em: 09/03/2023

¹ Engenharia Florestal, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Campus Capitão Poço (PA), Brasil.

² Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Campus Capitão Poço (PA), Brasil.

³ Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Campus Capitão Poço (PA), Brasil.



INTRODUÇÃO

A semente de açaí, popularmente denominada de caroço, oriundo do processo de beneficiamento do fruto da espécie açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.), é um resíduo gerado em grande quantidade pela agroindústria. O Brasil processa cerca de 100 toneladas do fruto do açaí que resulta em cerca de 80 toneladas de resíduos que, quando não reaproveitados, geram problemas ambientais (Melo *et al.*, 2022). Algumas alternativas de uso potencial do resíduo estão na produção de biochar como substratos para mudas (Sato *et al.*, 2019; Melo *et al.*, 2022), na confecção de painéis (Cavalcante *et al.*, 2021), de biogás (Ferreira *et al.*, 2020) e na construção civil (Barbosa *et al.*, 2019).

O fruto do açaizeiro detém grande importância no mercado regional amazônico devido ao seu valor nutricional, movimentando em 2021 mais de cinco milhões de reais no Estado do Pará (IBGE, 2021), que concentra mais de 90% da produção (Peret, 2017). O aproveitamento da polpa do fruto é em torno de 20%, e o restante constitui o resíduo (caroço). Dentre as possibilidades de reaproveitamento do caroço de açaí, a utilização deste material como substrato orgânico para produção de mudas é uma das mais promissoras, sendo um resíduo produzido em grande quantidade e, quando preparado de maneira correta, tem potencial de atuar como condicionador do solo além de fornecer nutrientes às plantas. Além disso, contribui para o desenvolvimento socioambiental regional devido à facilidade de acesso ao material descartado. Com isso, a combinação entre o uso do solo com componentes orgânicos (como o caroço de açaí) e adubação mineral tem se apresentado como importante linha de pesquisa na determinação das melhores técnicas a serem adotadas para obtenção de mudas de qualidade (Cadorin *et al.*, 2015).

A adubação mineral é uma das principais formas de fornecimento de nutrientes às plantas, principalmente em solos tropicais, os quais são conhecidos pela sua baixa fertilidade natural e acidez elevada. Já os compostos orgânicos são utilizados tanto para atender às necessidades nutricionais das mudas, de forma parcial ou total, quanto para servir de complemento à adubação mineral, além de contribuir com a melhoria das condições físicas e biológicas do solo e do substrato de modo geral (Navroski *et al.*, 2018).

O uso de materiais orgânicos na formulação de substratos, além de contribuir com a fertilidade do solo, pode reduzir a necessidade de aplicação de fertilizantes minerais tradicionais, favorecendo a redução dos custos de produção. Assim, o uso de componentes orgânicos na formulação de substratos, de forma parcial ou total, pode garantir condições adequadas às plantas que produzam mudas de qualidade, diminuem o tempo e custo de

produção, além de reduzir a necessidade de aplicação ostensiva de fertilizantes minerais (Fermino; Mieth, 2018; Navroski *et al.*, 2018). Para muitas espécies florestais, ainda não se conhece a formulação ideal de compostos orgânicos e adubação mineral, sobretudo para espécies amazônicas, sendo recomendados substratos com aeração, retenção hídrica, baixa acidez, com disponibilidade de nutrientes entre outros aspectos que atendam às exigências nutricionais das espécies (Navroski *et al.*, 2018).

Dentre tais espécies com potencial econômico e com poucas informações, destaca-se o *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, conhecida popularmente como paricá. Essa espécie se destaca por possuir características de interesse econômico, social e ambiental (Dias *et al.*, 2015). O paricá possui rápido crescimento, com madeira de elevado uso industrial na produção de movelarias e compensados, o que torna a espécie viável para projetos de reflorestamentos comerciais, bem como para recuperação de áreas degradadas (Almeida *et al.*, 2013). Devido à potencialidade da espécie, exige-se cada vez mais a realização de pesquisas voltadas ao seu sistema de produção, principalmente no que se refere aos substratos e nutrição de suas mudas durante a fase de viveiro, visando garantir o sucesso no estabelecimento da muda em campo (Araújo *et al.*, 2017; Barbosa *et al.*, 2019).

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do resíduo orgânico caroço de açaí com presença e ausência de adubação mineral sobre o crescimento inicial de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos meses de janeiro a abril de 2022 em casa de vegetação localizada no município de Capitão Poço (PA), na região Nordeste paraense nas coordenadas 01° 44' 47" S e 47° 03' 34" O. O clima da região é do tipo Am (tropical de altitude) segundo a classificação de Köppen (Santos, 2013).

O lote de sementes foi coletado em setembro de 2020 no município de Bujaru (PA) e armazenado em sacos plásticos fechados, em refrigerador (± 4 °C), por um período de 18 meses até o momento da instalação do experimento. Inicialmente, as sementes foram escarificadas com o auxílio de uma lixa (n° 120) na região oposta ao hilo e submersas em água por 24h, conforme metodologia de Cruz e Carvalho (2006). Cinco repetições de 25 sementes foram desinfestadas com hipoclorito de sódio (2%) por dois minutos e, em seguida, lavadas com água deionizada. As sementes foram dispostas em duas bandejas plásticas contendo vermiculita,

previamente autoclavada a 120 °C por 20 minutos. Posteriormente, as sementes foram mantidas em câmara B.O.D (Demanda Bioquímica de Oxigênio) à temperatura constante de 30 °C e fotoperíodo de 12h por um período de 20 dias.

Transcorridos 20 dias de instalação do teste de germinação, 40 plântulas normais consistindo de sistema radicular bem formado e folhas cotiledonares abertas sem danos e, ou, anormalidades e apresentando médias de 14,9 cm em altura, 2,84 cm em diâmetro do coleto e 2 folhas, foram selecionadas e transplantadas para vasos com capacidade volumétrica de 5 L. O solo utilizado no experimento foi coletado na camada de 0-20 cm de profundidade em uma área de floresta secundária e foi então realizada a caracterização química de sua fertilidade (Tabela 1), com base na metodologia de análise descrita por Teixeira *et al.* (2017).

Tabela 1. Caracterização química do solo (0-20 cm) utilizado no experimento

	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Al ³⁺	H+Al	T	t	P	M.O.	V	m	
CaCl ₂	-----cmolc dm ⁻³ -----						mg dm ³		g kg ⁻¹	-----%-----		
	4,5	1,4	0,2	0,14	0,6	3,2	4,9	2,3	1,7	14	33,9	26,5

*pH em CaCl₂; M.O: Matéria orgânica; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺: cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, respectivamente; H+Al: Acidez potencial; P: Fósforo disponível; K⁺: potássio trocável; T: CTC potencial; t: CTC efetiva; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio.

Após a análise do solo, para os tratamentos com adubação mineral, foi realizada a calagem com aplicação de 0,42 g dm⁻³ de calcário dolomítico com 93% de poder relativo de neutralização total (PRNT). Transcorridos 15 dias de incubação, foi realizada a adubação mineral com 0,055 g.dm⁻³ de ureia (24,7 mg.dm⁻³ de N), 0,088 g.dm⁻³ de superfosfato triplo (39,6 mg.dm⁻³ de P₂O₅) e 0,033 g.dm⁻³ de cloreto de potássio (19,8 mg.dm⁻³ de K₂O). As quantidades de calcário e de fertilizantes foram definidas de acordo com os resultados da Tabela 1 e com a recomendação de Brasil *et al.* (2020) para a espécie paricá. Em seguida, o substrato orgânico caroço de açaí foi misturado homogeneamente ao solo com o tratamento com e sem calagem e adubação mineral, exceto ao tratamento testemunha contendo apenas solo. O caroço de açaí foi seco em estufa (Modelo 315 SE) a 65 °C por 24h e, posteriormente, triturado em um Triturador Forrageiro TRF 400 com granulometria de 3 mm.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 4x2, com quatro doses do composto orgânico açaí triturado (C.A.) nas proporções de 0%, 10%, 20% e 40%, e tratamentos com adubação mineral (C/NPK) e sem adubação mineral (S/NPK). Cada tratamento foi representado por uma única parcela, distribuída aleatoriamente dentro dos cinco blocos, constituída por um vaso e uma planta, totalizando 40 parcelas. Ao final

do experimento, uma amostragem de cada tratamento foi realizada para caracterização química (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química dos tratamentos utilizados no experimento

	pH	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Al ³	H+Al	T	t	P	MO	V	m
C.A. (%)	H ₂ O	-----cmolc.dm ⁻³ -----							Mg.dm ³	g.kg ⁻¹	%	
0	4,6	0,4	0,1	8	0,6	2,8	3,4	1,2	5	14	16,5	52,9
10	4,9	0,4	0,2	66	0,4	2,8	3,6	1,2	7	15	21,9	35,2
20	5,5	0,5	0,3	137	0,2	2,5	3,4	1,4	13	15	31,6	17,6
40	5,6	0,6	0,5	157	0	2,4	3,9	1,5	28	18	38,7	0
0	5,5	1	0,3	14	0,3	3	4,3	1,6	10	12	31,2	16,3
10	5,7	1	0,4	67	0	2,5	4,16	1,6	9	14	38	0
20	5,7	1	0,4	130	0	2,4	4,2	1,8	17	19	42,9	0
40	6	1,1	0,6	126	0	2,2	4,3	2,1	24	19	48,8	0

*pH em H₂O; M.O.: Matéria orgânica; Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³: cálcio, magnésio e alumínio trocáveis, respectivamente; H+Al: Acidez potencial; P: Fósforo disponível; K⁺: potássio trocável; T: CTC potencial; t: CTC efetiva; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio.

Quatro avaliações quinzenais foram realizadas para mensuração das variáveis morfológicas: a) altura (H), determinada a partir do nível do solo até a inserção da última folha com o auxílio de uma régua; b) diâmetro do colo (DC), medido na altura do coleto da planta com o auxílio de um paquímetro digital; c) número de folhas (NF), determinado pela simples contagem das folhas compostas bipinadas; e d) o índice de robustez (H/DC). Ao final das avaliações, 60 dias após o transplante, foram avaliadas a produção de massa seca da raiz (MSR), parte aérea (MSPA) e massa seca total (MST). A partir dos dados coletados durante as avaliações biométricas e de produção, foi estimado o Índice de Qualidade de Dickson - IQD (Equação 1) (Dickson; Leaf; Hosner, 1960) e calculada a proporção máxima ideal com base na equação de 2º grau da análise de regressão aos 60 dias após o transplante.

Equação 1.

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

Em que:

MST (g) = massa seca total;

H (cm) = altura;

DC (mm) = diâmetro do coleto;

MSPA (g) = massa seca da parte aérea; e

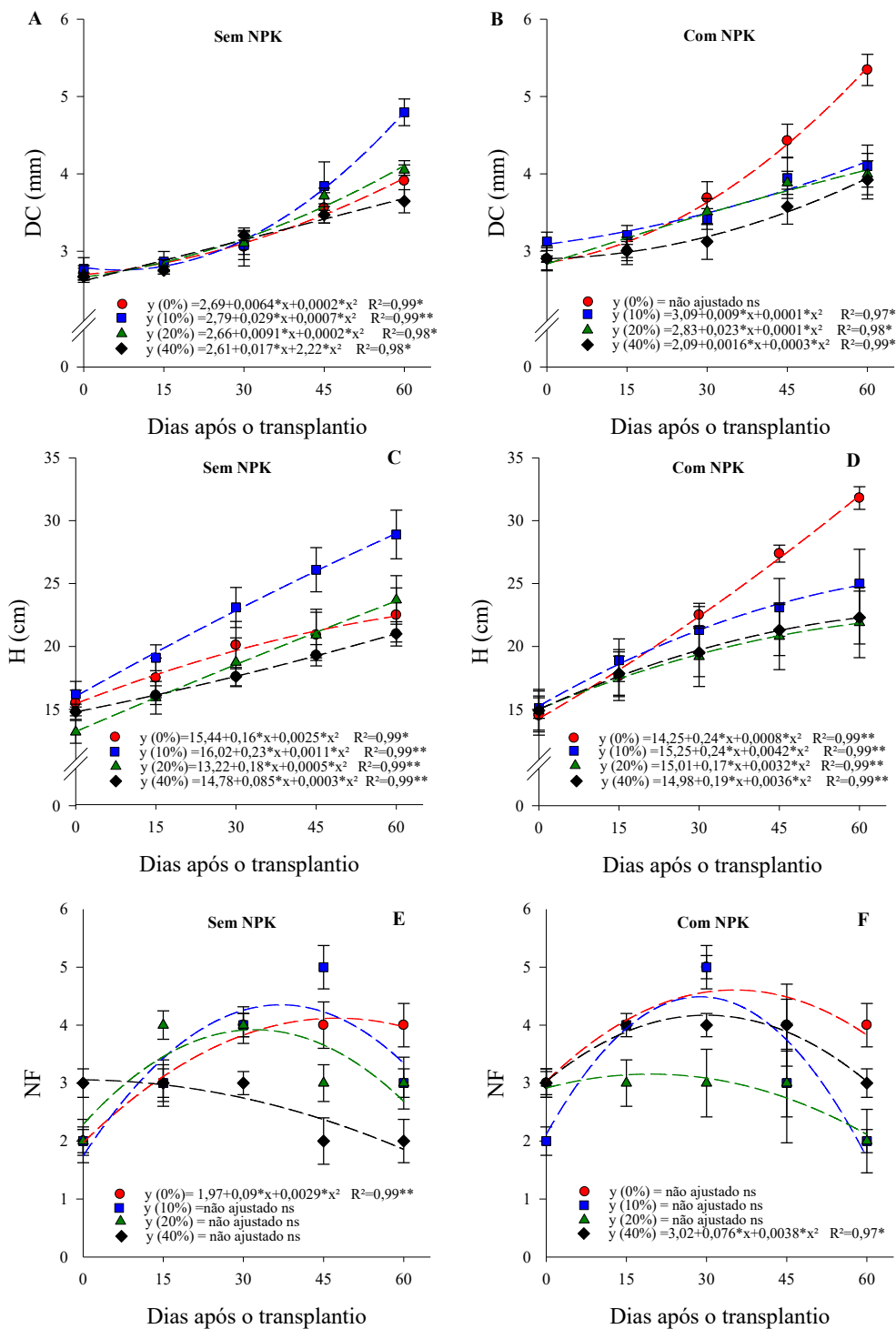
MSR (g) = massa seca da raiz.

Também foram avaliados os teores dos pigmentos de clorofila *a*, *b*, clorofila total e carotenoides por meio de leituras em espectrofotômetro (SF-325-NM) nas absorvâncias 480, 649 e 665 nm, conforme descrito por Hiscox e Israelstam (1979). Os valores dos pigmentos foram obtidos pelas fórmulas de Wellburn (1994).

Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk (normalidade) e ao teste de Levene (homocedasticidade) a 5% de significância e, quando necessário, os mesmos foram transformados pela equação ajustada de Box-Cox para normalização e/ou homogeneização. Foram construídos gráficos de regressão com maior coeficiente de determinação por meio do programa Sigma Plot versão 10.0.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As equações da análise de regressão obtidas para o diâmetro do colo e altura foram significativas para a maioria dos tratamentos testados, exceto para 0% C.A. C/NPK. Enquanto para o número de folhas, os únicos tratamentos que obtiveram equações significativas foram 0% C.A. S/NPK e 40% C.A. C/NPK. Em todos os tratamentos, as curvas de crescimento das mudas de paricá apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2) variando de 0,98% a 0,99% e evidenciaram comportamento quadrático positivo no incremento do diâmetro do colo (DC) em função dos dias após o transplântio com valores semelhantes até os 30 dias. A partir dos 45 dias, houve incremento mais acentuado para o tratamento com 10% C.A. S/NPK (Figura 1A) e 0% C/NPK (Figura 1B). Em outro estudo com mudas de paricá, até os 30 dias após a semeadura não foram observadas diferenças entre os substratos testados, mas houve diferenças após os 50 dias de cultivo (Barbosa *et al.*, 2019).



** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo a 5% de probabilidade.

Figura 1. Diâmetro do colo (DC) (A e B), altura (H) (C e D) e número de folhas (NF) (E e F) das mudas de paricá nas diferentes doses de carvão de açaí triturado na ausência e presença de NPK em função dos dias após o transplantio

Para a altura (H) das mudas de paricá, S/NPK (Figura 1C) e C/NPK (Figura 1D) apresentaram curvas de crescimento com altos coeficientes de determinação (R²) (99%) e

evidenciaram comportamento quadrático positivo no incremento de todas as proporções de caroço do açaí avaliadas. Em todas as avaliações, o tratamento 10% C.A. S/NPK apresentou valores superiores em altura. Contudo, no tratamento C/NPK e 0% C.A. (Figura 1D), observou-se que até os 45 dias a altura foi semelhante e, após este período, observa-se maiores incrementos para a variável analisada. Esse comportamento pode ter sido influenciado pelo melhor desenvolvimento do sistema radicular das mudas apenas com a adição do corretivo de acidez e adubação mineral, e, com isso, melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Matos *et al.* (2009), avaliando o desenvolvimento do paricá em substrato orgânico, observaram incrementos em altura para a espécie a partir dos 30 dias, tendo os substratos proporcionado boas condições físicas e químicas no desenvolvimento das mudas. Mesmo a espécie sendo adaptada a solos ácidos a moderadamente básicos (Rosa *et al.*, 2009), nota-se que a aplicação do calcário e adubação proporcionaram incrementos em altura nos tratamentos com até 10% de C.A. (Figura 1D), indicando que o uso do corretivo junto à adubação mineral tende a oferecer maior crescimento em altura da espécie (Rodrigues *et al.*, 2016).

Para o número de folhas, em todos os tratamentos, as curvas de crescimento das mudas de paricá apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2) variando de 0,67% a 0,99% e evidenciaram um comportamento quadrático em função dos dias após o transplante com estabilidade ou redução na variável ao longo das avaliações realizadas (Figura 1E e 1F). Esse comportamento também foi observado por Frigotto *et al.* (2015). Segundo esses autores, é provável que o paricá possua a capacidade de executar a desrama natural favorecendo à redução do número de folhas ao longo do tempo, sendo considerado como um mecanismo de aclimação a fim de evitar qualquer estresse que comprometa o seu desenvolvimento inicial. Tal comportamento também foi observado por Araújo *et al.* (2017) com o paricá produzido em resíduo de bagana, sendo característica da espécie a perda de folhas ao longo do tempo.

Para o efeito dos tratamentos aos 60 dias de cultivo das mudas de paricá, observou-se que maiores valores de DC foram alcançados nas doses com 10% e 20% C.A. S/NPK, obtendo-se médias de 4,79 mm e 4,05 mm, respectivamente (Figura 2A), e no tratamento com 0% C.A. C/NPK com 5,34 mm. Resultados semelhantes com o uso do mesmo resíduo em mudas de paricá foram obtidos por Santos (2020) observando maiores valores de DC (3,0 mm e 3,3 mm) com o uso de menores doses C.A. (0% e 15%).

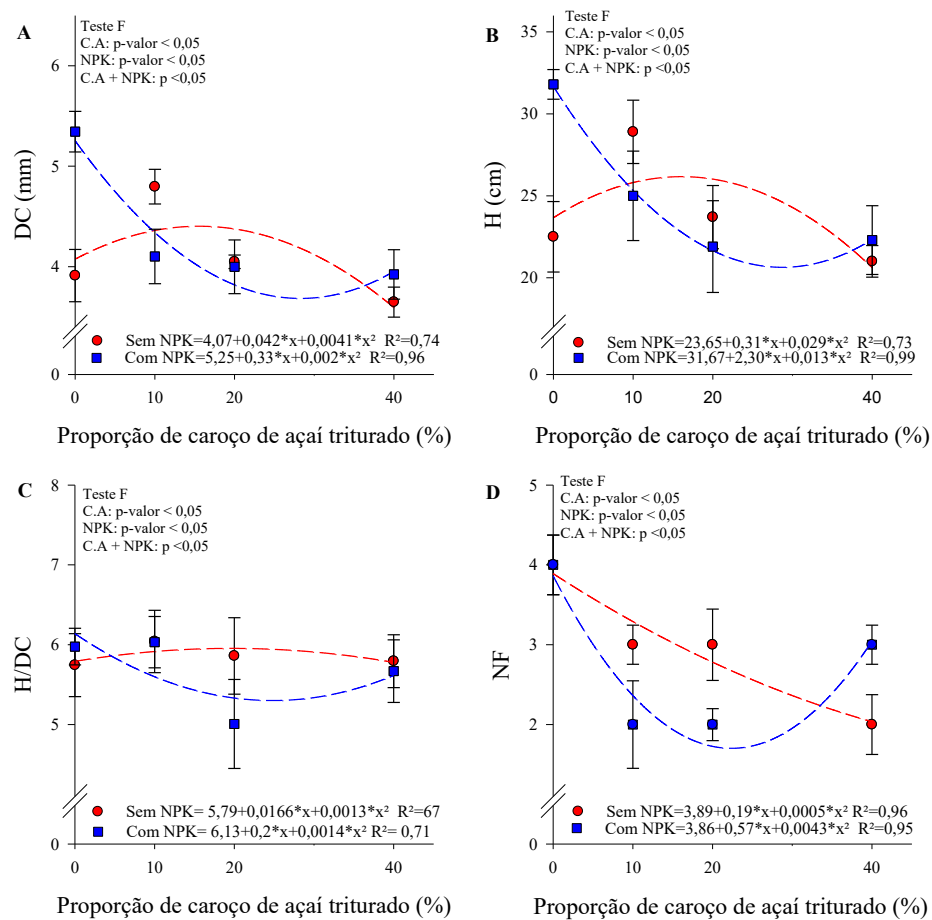


Figura 2. Diâmetro do colo - DC (A), altura - H (B), razão H/DC (C) e número de folhas (NF) (D) das mudas de paricá aos 60 dias após o transplante em função das doses de caroço de açaí triturado com e sem NPK

Em outro estudo realizado com produção de mudas de pau rosa (*Physocalymma scaberrimum* Pohl.) utilizando diferentes concentrações do caroço de açaí (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), verificou-se maiores incrementos em DC na dose de 100% do resíduo (Maranho; Paiva, 2012). Esses estudos demonstram que pode haver variações na porcentagem recomendada de caroço de açaí conforme a espécie utilizada e as condições do estudo.

A utilização de substratos que apresentem propriedades físicas e químicas exigidas pelas culturas torna-se um fator essencial ao fornecimento de nutrientes e condições físicas necessárias ao bom desenvolvimento da planta (Navroski *et al.*, 2018). Apesar dos substratos apresentarem maiores teores de K e P nos tratamentos com C.A. (Tabela 2), independente da adubação, tais resultados não se refletiram no crescimento em altura e diâmetro da espécie (Figura 2A), podendo a alta concentração de caroço de açaí ter criado uma barreira física que comprometeu o desenvolvimento do sistema radicular das mudas.

É importante considerar que a análise do solo reflete os níveis de nutrientes potencialmente disponíveis às plantas. No entanto, tal análise não informa a quantidade de

nutrientes que a planta realmente precisa ou consegue absorver (Taiz *et al.*, 2017). Logo, infere-se que, mesmo que os tratamentos com maiores concentrações de caroço de açaí tenham elevado os teores de K e P, outras características dos substratos, como as propriedades físicas (sobretudo retenção hídrica e estrutura) e atividades microbiológicas podem ter interferido na absorção de nutrientes pelas mudas.

Para a variável altura (H), os tratamentos S/NPK com 0%, 10% e 20% C.A. apresentaram resultados superiores com as médias de 22,5 cm, 28,9 cm e 23,7 cm, respectivamente (Figura 2B). Contudo, no tratamento C/NPK, maiores valores foram observados com 0% de C.A. (31,8 cm). Torres *et al.* (2021) também obtiveram valores semelhantes no crescimento da altura, para a mesma espécie, em tratamentos com 75% e 100% de C.A. alcançando médias de 21,3 cm e 22,62 cm, respectivamente. Contudo, os autores observaram resultados superiores nos tratamentos que receberam apenas corretivo de acidez alcançando 25,37 cm de altura. Os resultados apresentaram-se dentro da faixa indicada ao plantio entre 20 cm e 35 cm, conforme Carvalho (2007). Portanto, considera-se que as mudas produzidas estariam aptas ao plantio aos 60 dias após a implantação.

Para a razão H/DC das mudas de paricá não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em função dos fatores avaliados, com médias de 5,44 a 6,04 (Figura 2C) estando estes valores dentro da faixa de produção de mudas de qualidade de acordo com Araújo *et al.* (2017). Esses autores consideram que mudas de espécies florestais de alta qualidade apresentam valores da razão H/DC abaixo de 10, sendo que quanto menor o seu valor, maior é a taxa de sobrevivência das mudas. Além disso, tal razão tem reflexo direto sobre o acúmulo de reservas da espécie, fixação no solo e resistência à dessecação pelo vento (Nóbrega *et al.*, 2007).

Quanto ao NF, as doses de 0%, 10% e 20% de C.A. S/NPK proporcionaram resultados superiores para as mudas de paricá com médias de 4, 3 e 3 folhas, respectivamente (Figura 2D). Na condição C/NPK, as doses de 0% e 40% de C.A. proporcionaram melhores resultados com valores médios de 4 e 3 folhas, respectivamente. O número de folhas emitido pelas plantas influencia na taxa de produção de fotoassimilados e, conseqüentemente, no desenvolvimento das plantas e na tolerância a estresses abióticos (Taiz *et al.*, 2017). Em estudo realizado por Torres *et al.* (2021), com substrato composto por 75% de C.A. com adubação mineral, os autores obtiveram média de 5 folhas para a espécie paricá, tendo a adubação mineral em associação ao composto orgânico contribuído no incremento foliar das mudas. Leão e Paiva (2021) também obtiveram média de 5 folhas para a mesma espécie em substrato com 50% de caroço de açaí aos 90 dias após a repicagem das mudas. No presente estudo, o NF obtido em

menores concentrações do C.A. foi semelhante ao encontrado pelos autores supracitados em concentrações iguais ou superiores a 50% C.A. indicando a possibilidade do uso de diferentes concentrações do resíduo.

Para as variáveis de biomassa, as curvas de crescimento apresentaram altos coeficientes de determinação (R^2) variando de 0,86% a 0,99% e evidenciaram um comportamento quadrático negativo em função das doses de caroço de açaí triturado sem e com NPK (Figura 3).

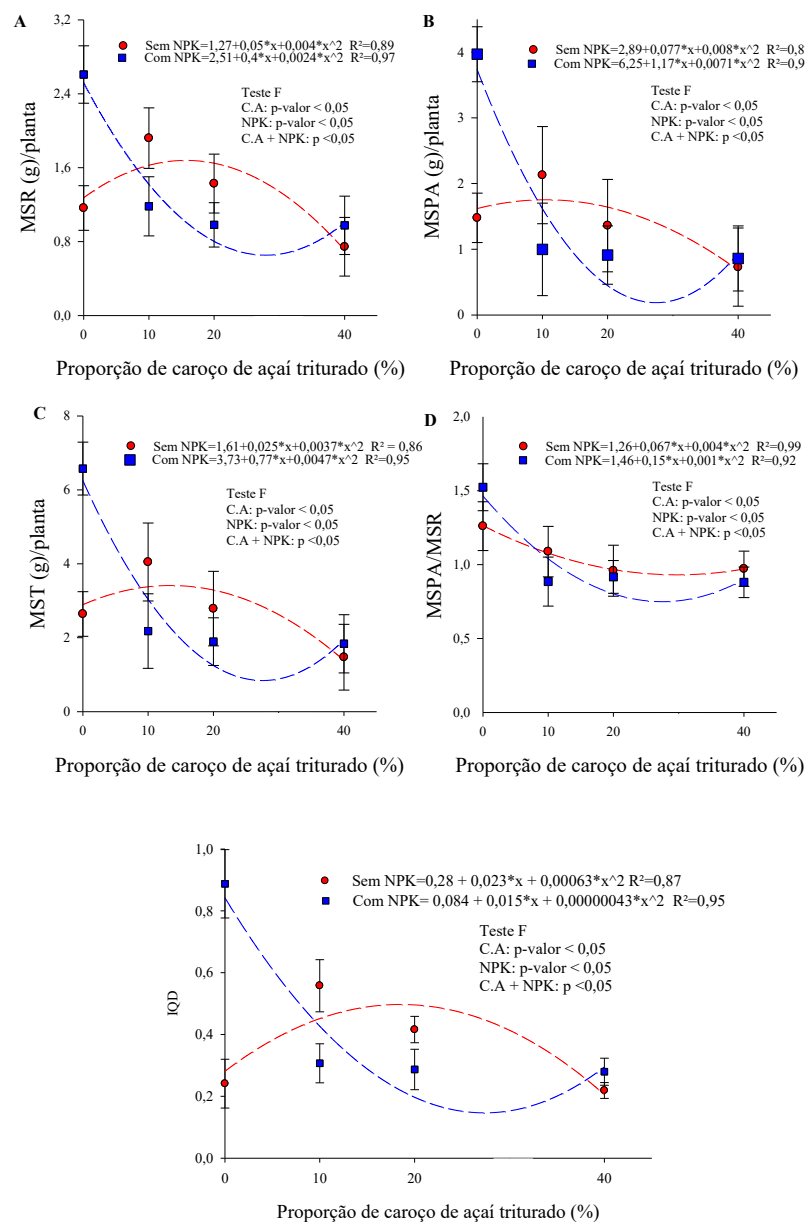


Figura 3. Massa seca da raiz - MSR (A), massa seca da parte aérea - MSPA (B), matéria seca total - MST (C), razão MSPA/MSR (D) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de paricá aos 60 dias após o transplante em função das doses de caroço de açaí triturado com e sem NPK

Para a MSR, MSPA e MST, os maiores resultados foram obtidos nos tratamentos com 0%, 10% e 20% C.A. S/NPK (Figura 3 A, B e C) com médias de 1,16 g/planta, 1,47 g/planta e 2,64 g/planta respectivamente. Já para C/NPK, apenas a dose de 0% de C.A., com médias de 2,61 g/planta (MSR), 3,96 g/planta (MSPA) e 6,57 g/planta (MST), mostrou-se superior. O uso da adubação mineral aumentou o teor de nutrientes disponíveis no solo para absorção pelas plantas, o que se refletiu em seu conteúdo de biomassa. Em contrapartida, mesmo que o uso do caroço de açaí eleve as concentrações de K e P (Tabela 2), observa-se que o aumento das proporções reduziu a massa seca, podendo isso ter interferido no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, devido a propriedades físicas específicas do substrato, e consequentemente na absorção de nutrientes.

A maior produção de MSPA e MSR possibilita maiores chances de sobrevivência e crescimento das mudas em campo, tendo em vista que a parte aérea, principalmente as folhas, contribuem para que os processos de metabolização de nutrientes absorvidos pelas raízes ocorram, e o bom desenvolvimento do sistema radicular contribui para a melhor absorção de água e nutrientes no solo. A MST é um atributo importante no que se refere ao crescimento da planta, uma vez que o mesmo possui reflexos na produção de fotoassimilados. Logo, quanto maiores os valores de MST, maior a qualidade das mudas a serem produzidas, inferindo diretamente sobre as suas chances de sobrevivência em campo (Navroski *et al.*, 2018).

Para a razão MSPA/MSR foi observada diferença significativa apenas nos tratamentos C/NPK, tendo a dose de 0% de C.A. apresentado resultados superiores com valores médios de 1,52, porém não diferindo do tratamento a 0% de C.A. S/NPK (Figura 3D). Vale destacar que tais resultados demonstraram que a adubação não proporcionou maior produção de biomassa do sistema radicular e da parte aérea, e a presença do C.A. no substrato foi prejudicial para o desenvolvimento das mudas. Caione *et al.* (2012) obtiveram valor médio de 3,24 para a espécie estudada em tratamento com adição de NPK. Em outro estudo realizado por Araújo *et al.* (2017), as mudas de paricá apresentaram valores de 3,19 e 4,29 em substratos formados por composto orgânico e bagana, respectivamente.

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IQD), as mudas de paricá obtiveram maior índice (0,88) com a dose de 0% de C.A. C/NPK e, nas doses 0%, 10% e 20% de S/NPK com 0,24, 0,25 e 0,41, respectivamente (Figura 3E). Com base na equação de 2º grau obtida na regressão dos tratamentos S/NPK a proporção ideal é de 19% de C.A. Santos (2020) observou, em seu estudo, melhores resultados para o paricá em doses de 0 e 15% C.A. Já Torres *et al.* (2021) constataram melhor resultado para a produção de mudas de paricá na dose de 75% de

C.A. em associação à adubação mineral, com IQD de 0,33, destacando a eficiência do uso do composto orgânico de C.A. juntamente com a adubação mineral, que contribuíram com o fornecimento de um meio de cultivo favorável ao desenvolvimento da espécie.

De acordo com os resultados obtidos para a Chl *a*, valores superiores foram alcançados nos tratamentos com 0% e 10% de C.A. S/NPK e 0% de C.A. C/NPK (Figura 4A). Os teores desses pigmentos tiveram reflexo sobre o incremento de biomassa das mudas de paricá, com as maiores concentrações de clorofilas obtidas nas menores doses do caroço de açaí, proporcionando maior acúmulo de MST no tratamento a 10% caroço de açaí. Esse fato está relacionado aos maiores teores de pigmentos e, conseqüentemente, maiores taxas fotossintéticas, produzindo maior quantidade de carboidratos (Taiz *et al.*, 2017).

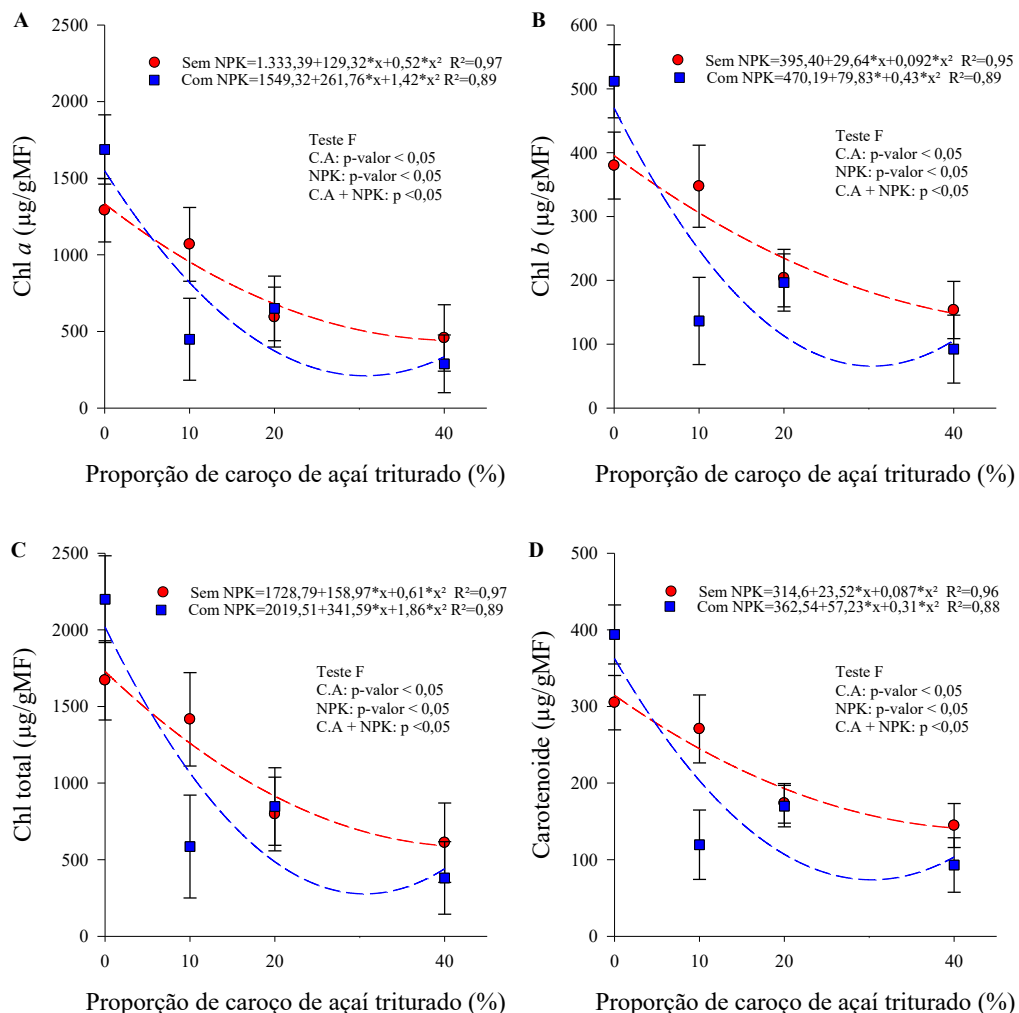


Figura 4. Teores dos pigmentos de clorofila a (Chl *a*) (A), clorofila b (Chl *b*) (B), clorofila total (Chl total) (C) e carotenoide (D) das mudas de paricá aos 60 dias após o transplântio em função das doses de caroço de açaí triturado sem e com NPK

Para os teores de Chl *b* e Chl total, resultados superiores foram observados nas doses de 0%, 10% e 20% C.A. S/NPK (Figura 4B e C). Contudo, para C/NPK, valores superiores foram observados apenas na dose de 0% C.A., com valor médio de 511,98 µg/gMF de Chl *b* e 2.200 µg/gMF de Chl total. Porém, esse tratamento não diferiu estatisticamente da dose de 0% de C.A. S/NPK. Em relação aos teores de carotenoides (Figura 4D), os tratamentos com 0 e 10% de C.A. S/NPK apresentaram maiores valores com médias de 304,97 µg/gMF e 270,65 µg/gMF, respectivamente. Na presença de NPK, apenas a dose de 0% de C.A. (393,6 µg/gMF) mostrou-se superior aos demais tratamentos, porém não diferindo do tratamento 0% sem NPK. Sabe-se que Chl *b* e carotenoides são responsáveis por auxiliar na absorção de luz e transferência de energia radiante para os centros de reação e, por isso, são chamados de pigmentos acessórios, pois transferem a energia luminosa para a Chl *a*, que é o pigmento responsável pelo primeiro estágio do processo fotossintético, a etapa fotoquímica (Streit *et al.*, 2005; Taiz *et al.*, 2017). Assim, as concentrações desses pigmentos refletiram sobre a quantidade de energia que foi absorvida pela muda e, conseqüentemente, sobre os processos fotossintéticos e na produção de carboidratos.

Dessa maneira, sugere-se que o processo de mineralização da matéria orgânica presente no caroço de açaí triturado ainda não tinha sido finalizado no momento do estudo, uma vez que o material utilizado ainda estava fresco (*in natura*), possivelmente com uma relação C/N ainda muito elevada (acima de 12). Isso pode ter contribuído para os baixos incrementos nos tratamentos com maiores concentrações, sendo recomendada a realização da compostagem do material. Outra possível causa da baixa eficiência do uso do C.A. diz respeito ao processo de fermentação do material, que ainda estava fresco, contribuindo para alta taxa de retenção de água (Elacher *et al.*, 2014). De acordo com Oliveira *et al.* (2004), os materiais orgânicos com alto teor de umidade favorecem a redução das taxas de oxigênio do meio de cultivo, reduzindo o processo de decomposição da matéria orgânica, respiração das raízes e absorção dos nutrientes, além de facilitar o processo de fermentação do material e, conseqüentemente, comprometendo o desenvolvimento radicular das plantas.

Assim, para aumentar a eficiência do uso de maiores doses do caroço de açaí triturado na produção de mudas de paricá, recomenda-se a realização de novas pesquisas sobre o uso do material fermentado, visando acelerar o processo de mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, aumentando a disponibilidade de nutrientes e maior aproveitamento do resíduo na formulação de substratos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a adubação mineral, não é recomendado o uso do caroço de açaí para composição de substrato para produção de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby.

Sem adubação, o uso de pequenas porcentagens de caroço de açaí pode ser recomendado, uma vez que o componente é rico em P e K sendo recomendada a dose de 19%.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. D.; SCALIANTEII, R. de M.; MACEDO, L. B. de; MACÊDO, A. N.; DIAS, A. A.; CRISTOFORO, A. L.; JUNIOR, C. C. Caracterização completa da madeira da espécie Amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. DE S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017.
- BARBOSA, A. M.; REBELO, V. S. M.; MARTORANO, L. G.; GIACON, V. M. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Revista matéria**. v. 24, n. 3, 2019.
- BARBOSA, T. P.; CHARGAS, J. R. M.; SILVA, B. O.; SILVA, E. G.; LIMA, T. T. S. Crescimento e qualidade de mudas de *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* em diferentes substratos. **Revista Ciências Agrárias**. v. 62, p. 1-7, 2019.
- BRASIL, E. C.; ROCHA, J. E. C.; GAMA, M. A. P.; LIMA, M. D. R.; BARROS JUNIOR, U. O. Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*). In: BRASIL, E. C.; CRAVO, M. S.; VIÉGAS, I. J. M. **Recomendação de calagem e adubação para o estado do Pará**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 2020.
- CADORIN, D. A.; MALAVASI, U. C.; COUTINHO, P. W. R.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, M. M. Metil jasmonato e flexões caulinares na rustificação e crescimento inicial de mudas de *Cordia trichotoma*. **Cerne**, v. 2, p. 657-664, 2015.
- CAIONE, G.; LANGE, A.; SCHONINGER, E. L. Crescimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* (Huber ex Ducke) em substrato fertilizado com nitrogênio, fósforo e potássio. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 213-221, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. **Paricá - *Schizolobium amazonicum***. Colombo: Embrapa Floresta, 2007. (Circular Técnica 142). 8p.
- CAVALCANTE, B. P. B. C.; SOUZA, G. L.; BENEVIDES JÚNIOR, A. Y.; RUSCHIVAL, C. B.; QUIRINO, M. G.; CASTRO, D. F. The usage of the acai stone as reinforcement for the

modeling of plant polyurethane matrix composite material. **Mix sustentável**, v. 7, n. 3, p. 19-28, 2021.

CRUZ, E. D.; CARVALHO, J. E. U. Methods of overcoming dormancy in *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke (Leguminosae - Caesalpinioideae) seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 108-115, 2006.

DIAS, P. C.; ATRÍDE, G. M.; XAVIER, A.; OLIVEIRA, L. S.; PAIVA, H. N. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 379-386, 2015.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, Toronto, v. 36, p. 10-13, 1960.

ELACHER, W. A.; OLIVEIRA, F. L.; SILVA, D. M. N.; QUARESMA, M. A. L. Carço de açaí triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2931, 2014.

FERMINO, M. H.; MIETH, P. Análise de substratos para produção de mudas de espécies florestais. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHON, L. A. (org.). **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 488p.

FERREIRA, S. F.; BULLER, L. S.; MACIEL-SILVA, W.; SGANZERLA, W. G.; BERNI, M. D.; FORSTER-CARNEIRO. Waste management and bioenergy recovery from açaí processing in the Brazilian Amazonian region: a perspective for a circular economy. **Wiley Online Library**. v. 1, p. 37-46, 2020.

FRIGOTTO, T.; BRUN, E. J.; MEZZALIRA, C. C.; NAVROSKI, M. C.; BIZ, S.; RIBEIRO, R. R. Desenvolvimento de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke em diferentes ambientes em viveiro. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 09-17, 2015.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A Method for Extraction of Chlorophyll from Leaf Tissue without Maceration. **Canadian Journal of Botany**, v. 57, p. 1332-1334, 1979.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agropecuária**. IBGE, 2021.

LEÃO, J. R. A.; PAIVA, A. V. Resíduo orgânico de açaí como substrato alternativo na produção de mudas nativas da Amazônia-Occidental. **Revista conexão na Amazônia**, v. 2, 2021.

MARANHO, A. S.; PAIVA, A. V. Produção de mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 399-408, 2012.

MATOS, G. D.; FRIGOTTO, T.; MARTINS, A. P. M.; BRUN, E. J. Desenvolvimento de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) em substrato orgânico - estudo de caso. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, n. 4, v. 1, 2009.

MELO, V. L. M.; GONÇALVES, M. A. F.; OLIVEIRA, P. O.; LIMA JÚNIOR, A. C. R.; PEREIRA, R. M.; SILVA, B. R. S.; BATISTA, B. L.; NOBRE, C.; LOBATO, A. K. S. Positive biochemical, physiological and nutritional evidence from the use of biochar in the growth of eucalyptus plants. **Botany Letters**. v. 169, n. 3, 2022.

NAVROSKI, M. C.; BERGHTTI, A. L. P.; FENILLI, T. A. B.; BUSS, R.; PEREIRA, M. O.; TURCHETTO. Adubação de mudas em viveiros florestais. In: ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHON, L. A. (org.). **Produção de sementes e mudas: um enfoque à silvicultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2018. 488p.

NÓBREGA, R. S. A.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; PAULA, A. D.; MOREIRA, F. D. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebynthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 239-246, 2007.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAJAZEIRA, J. P. **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 17p.

PERET, E. Safra de açaí foi de 1,1 milhão de toneladas em 2016. **Agência IBGE notícias**. 2017.

RODRIGUES, P. G.; RUIVO, M. L. P.; PICCININ, J. L.; JARDIM, M. A. G. Contribuição dos atributos químicos do solo no desenvolvimento vegetativo do paricá em diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Florestal**. v. 26, n. 1, p. 59-68, 2016.

ROSA, L. S.; VIEIRA, T. A.; SANTOS, D. S.; SILVA, L. C. B. Emergência, crescimento e padrão de qualidade de mudas de *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke sob diferentes níveis de sombreamento e profundidades de semeadura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Belém, n. 52, p. 87-98, 2009.

SANTOS, D. B. O. **Aplicação da RUSLE a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia**. Orientador: Cláudio José Cavalcante Blanco. 2013. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

SANTOS, J. S. **Desenvolvimento de mudas de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) sob diferentes substratos e níveis de sombreamento**. 2020. 36p. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, 2020.

SATO, M. K.; LIMA, H. V.; COSTA, A. L. N.; RODRIGUES, S.; PEDROSO, A. J. S.; MAIA, C. M. B. F. Biochar from acai agroindustry waste: Study of pyrolysis conditions. **Science Direct**. v. 96, p. 158-167, 2019.

STREIT, N. M.; CANTERLE, L. P.; CANTO, M. W.; HECKTHEUER, L. H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

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

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 2017.

TORRES, L. M.; SOARES, L. F. A.; AZEVEDO, S. D.; ARAÚJO, S. T.; SOUZA, R. A. S. Caroço de açaí triturado *in natura* no desenvolvimento de mudas de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**. v. 2, n. 2, 2021.

WELLBURN, A. R. The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. **Journal of Plant Physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.