




Substratos orgânicos e organominerais são os mais utilizados para a produção de mudas florestais amazônicas

Julia Isabella de Matos RODRIGUES ^{*1} , Camila de Almeida MILHOMEM ² ,
Willen Ramos SANTIAGO ³ , Roque Flôr dos SANTOS JUNIOR ³ ,
Walmer Bruno Rocha MARTINS ⁴ , Francisco de Assis OLIVEIRA ⁵ 

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR, Brasil.

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Castanhal, PA, Brasil.

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia, Capitão Poço, PA, Brasil.

⁵ Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, PA, Brasil.

*Email: juliaisabellarodrigues@gmail.com

Submetido em: 12/01/2025; Aceito em: 16/04/2025; Publicado em: 23/05/2025.

RESUMO: Espécies florestais amazônicas, como o açaí (*Euterpe* sp.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), buriti (*Mauritia flexuosa*) e andiroba (*Carapa guianensis*) apresentam elevado valor econômico, destacando-se no cenário nacional e internacional, por isso necessitam de substratos adequados que impulsionem a produção de mudas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi compilar a literatura científica publicada nos últimos seis anos (2019-2024), acerca dos principais substratos utilizados na produção de mudas das cinco espécies florestais amazônicas, analisando os aspectos físicos, químicos e biológicos de cada um. Foram encontradas 52 publicações, distribuídas entre açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba. Apesar da disparidade em número de publicações, provavelmente relacionada ao papel da cadeia produtiva do açaí no contexto local, nacional e internacional, a análise dos substratos indicou uma preferência por materiais orgânicos e organominerais. O esterco de animais foi testado em todas as espécies exceto andiroba, enquanto se observou estudos de substrato à base de casca de arroz para todas as espécies. O substrato comercial Bioplant® foi utilizado em estudos de açaí, buriti e jatobá. De maneira similar, substratos a base de resíduos locais, como casca de cupuaçu e castanha-do-Brasil, também mostraram potencial, aliando sustentabilidade e eficiência para a produção de mudas de açaí. Dessa maneira, dada a diversidade de substratos e combinações existentes, este estudo evidenciou que a escolha do substrato deve considerar as necessidades específicas de cada espécie, custos e sustentabilidade. Adicionalmente, incentiva-se a pesquisa em substratos alternativos e espécies menos estudadas para diversificar práticas de cultivo e fortalecer a produção sustentável na Amazônia.

Palavras-chave: açaí; jatobá; andiroba; buriti; copaíba; sustentabilidade; substratos sustentáveis

Organic and organomineral substrates are the most used for the production of seedlings of amazonian forest species

ABSTRACT: Amazonian forest species such as açaí (*Euterpe Oleraceae* Mart.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), buriti (*Mauritia flexuosa*), and andiroba (*Carapa guianensis*) hold significant economic value, standing out in both national and international markets. Thus, they require suitable substrates to enhance seedling production. This study aimed to compile scientific literature published in the last six years (2019–2024) regarding the main substrates used for seedling production of these five Amazonian forest species, analyzing their physical, chemical, and biological aspects. A total of 52 publications were identified, covering açaí, jatobá, buriti, copaíba, and andiroba. Despite the disparity in the number of publications, likely linked to the role of the açaí production chain in local, national, and international contexts, substrate analysis indicated a preference for organic and organomineral materials. Animal manure was tested for all species except andiroba, while rice husk-based substrates were studied for all species. The commercial substrate Bioplant® was used in studies involving açaí, buriti, and jatobá. Similarly, substrates based on local residues, such as cupuaçu husk and Brazil nut shells, also showed potential, combining sustainability and efficiency for açaí seedling production. Thus, given the diversity of substrates and combinations available, this study highlighted that substrate selection should consider each species' specific needs, costs, and sustainability. Additionally, further research into alternative substrates and less-studied species is encouraged to diversify cultivation practices and strengthen sustainable production in the Amazonia.

Keywords: açaí; jatobá; andiroba; buriti; copaíba; sustainability; sustainable substrates.

1. INTRODUÇÃO

Em ecossistemas amazônicos, as sementes de espécies florestais, em sua grande parte, pertencem ao grupo de sementes recalcitrantes, sensíveis à desidratação e ao armazenamento em baixas temperaturas. Por isso, na

Amazônia a principal tecnologia comercial para multiplicação de espécies nativas ainda consiste na produção de mudas. A legislação brasileira por meio da Lei nº 10.711/2003 define muda como material de propagação vegetal de qualquer gênero, espécie ou cultivar, proveniente de reprodução sexuada ou assexuada, que tenha finalidade específica de plantio (BRASIL, 2003).

Logo, a produção de mudas florestais é essencial para garantir práticas de restauração e manejo sustentável de ecossistemas tropicais amazônicos, onde a biodiversidade e o potencial de exploração econômica das espécies nativas têm atraído crescente atenção (MARTINS et al., 2022). Dentre as espécies de interesse, o açaí (*Euterpe* sp.), jatobá (*Hymenaea courbaril*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), buriti (*Mauritia flexuosa*) e andiroba (*Carapa guianensis*) se destacam tanto pela importância econômica quanto ecológica, contribuindo ativamente para bioeconomia (ARAUJO et al., 2024).

No Brasil, a produção de açaí atingiu a produção de 1,3 milhão de toneladas no ano de 2019, sendo a região Norte a principal produtora (BARBOSA; CARVALHO JUNIOR, 2022). O jatobá é conhecido pela alta qualidade da madeira, caracterizando-se como uma das árvores nativas mais valiosas (SACCOMAN et al., 2016). A copaíba, cujos óleos possuem propriedades terapêuticas, vem sendo cada vez mais explorada no mercado de medicamentos e cosméticos (NARVAEZ et al., 2022). Somado a isso, o buriti, com frutos ricos em antioxidantes e vitaminas (ABREU-NARANJO et al., 2020), juntamente com a andiroba, caracterizada pelo potencial anti-inflamatório (FONSECA et al., 2024), complementam este conjunto de espécies de grande valor para a biodiversidade e a economia local.

A relevância econômica destas espécies reflete a necessidade iminente de produção de mudas para atender às demandas comerciais e ecológicas. No entanto, a diversidade de exigências ecológicas e fisiológicas, exigem a definição de substratos adequados para garantir o pleno desenvolvimento vegetal. Isso porque a qualidade dos substratos afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das mudas, uma vez que influencia a disponibilidade de nutrientes, a retenção de água, a aeração e o suporte para o desenvolvimento radicular (BŁOŃSKA; KEMPF; LASOTA, 2022). Além disso, substratos de boa qualidade contribuem para a criação de um ambiente biológico

favorável, promovendo a atividade de microrganismos benéficos que auxiliam na decomposição de matéria orgânica e na mineralização de nutrientes, fundamentais para o crescimento saudável das plantas (CARDARELLI et al., 2022).

Neste contexto, substratos comerciais artificiais são comumente utilizados, pois apresentam composição química balanceada, oferecendo nutrientes controlados, embora sejam geralmente caros e pouco sustentáveis devido à origem mineral (BRITO; OLIVEIRA; MORAES, 2024). Como alternativa, substratos orgânicos, oriundos geralmente de resíduos ou produtos naturais, vem ganhando espaço no mercado, uma vez que melhoram a estrutura física do solo, garantem boa aeração e retenção de água, além de fornecer nutrientes essenciais. A escolha do substrato ideal deve considerar a exigência nutricional específica de cada planta, uma vez que diferentes espécies podem demandar níveis variados de nutrientes e propriedades físicas do solo para um crescimento saudável. No entanto, a disponibilidade de informações detalhadas sobre a resposta das espécies florestais, especialmente as nativas da Amazônia, aos diferentes substratos ainda é limitada.

Diante disso, a questão central que orienta este estudo é: Quais os principais substratos utilizados na preparação de mudas florestais amazônicas? Portanto, objetivou-se realizar uma análise bibliométrica incluindo dados de estudos publicados na Amazônia brasileira nos últimos seis anos (2019 – 2024) sobre os principais substratos utilizados na produção de mudas de cinco espécies florestais amazônicas, analisando os aspectos físicos, químicos e biológicos de cada um.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão sistemática, foi adotado um protocolo baseado nas diretrizes PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), seguindo Page et al. (2021).

2.1. Coleta de dados

A coleta de dados foi conduzida em três etapas: a) seleção das bases de dados; b) filtros de pesquisa para seleção de artigos; c) extração de informações dos artigos selecionados e análise de dados (Figura 1).

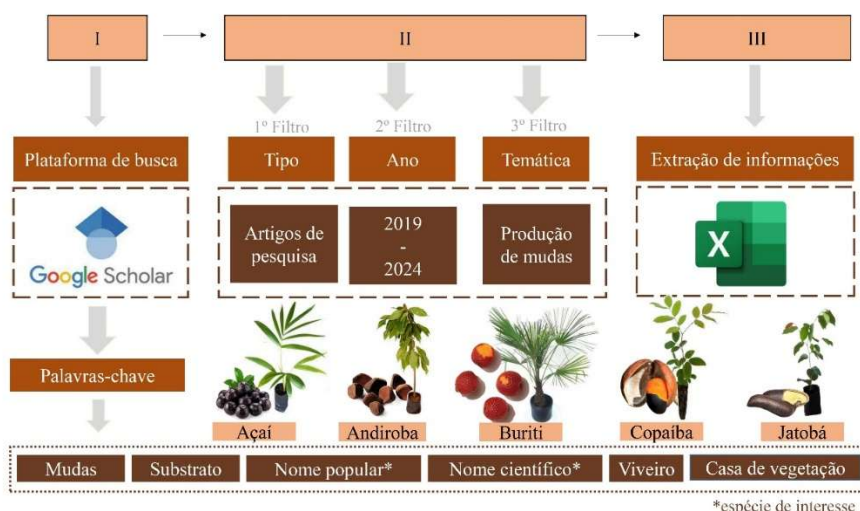


Figura 1. Métodos utilizados para realizar a revisão bibliométrica sobre produção de mudas de açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba nos últimos 6 anos (2019-2024).

Figure 1. Methods used to conduct the bibliometric review on seedling production of açaí, jatobá, buriti, copaíba, and andiroba over the past six years (2019–2024).

Utilizou-se a base de dados do Google Scholar (<https://scholar.google.com>) para a busca dos artigos, visto que esta dispõe de ampla abrangência de periódicos científicos. Nesta plataforma, as palavras-chave foram utilizadas em português e inglês para maior amplitude na busca. Os filtros de pesquisa foram o tipo de publicação, o ano e temática do trabalho. Nesse sentido foram revisados, apenas artigos científicos publicados em periódicos científicos revisados por pares entre os anos de 2019 e 2024, excluindo teses, dissertações, relatórios técnicos e resumos de congressos, além de artigos duplicados ou que não estivessem disponíveis em texto completo. Além disso, obrigatoriamente o estudo deveria estar relacionado à produção de mudas das espécies selecionadas, independentemente da finalidade. Artigos que abordavam a produção de mudas, porém não especificavam o substrato utilizado não foram contabilizados.

2.2. Análise de dados

De cada artigo selecionado extraiu-se em software de planilha Microsoft Excel informações sobre a espécie, ano de publicação, e substrato(s) utilizados. Adicionalmente, os substratos foram classificados em mineral, orgânico ou organomineral dependendo da composição ou origem do material utilizado. Os gráficos foram plotados no software R v. 4.3.3. (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2023) usando o pacote “ggplot2” (WICKHAM, 2016). Aliado a isso, uma análise crítica na literatura publicada permitiu avaliar os aspectos físicos, químicos e biológicos dos substratos mais utilizados. Neste estudo considerou-se como substrato comercial aquele fabricado por empresa especializada.

3. RESULTADOS

3.1. Distribuição das publicações por espécie e por substrato

No total, 52 trabalhos foram selecionados, onde os anos com o maior número de publicações foram 2019 (n = 11), 2020 (n = 10) e 2023 (n = 11) (Figura 2). No ano de 2021 observou-se o menor número de artigo publicados (n = 6, Figura 2), os quais abordaram a produção de mudas de açaí (ALMEIDA et al., 2021; AZEVEDO et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2019b; REIS et al., 2021) e buriti (RODRIGUES et al., 2021; SARAIVA et al., 2021). Estudos sobre açaí foram publicados em todos os anos avaliados. Para Jatobá, apenas no ano de 2021 não houve publicação sobre a produção de mudas da espécie, enquanto estudos sobre copaíba e buriti foram publicados em apenas dois anos do período avaliado (Figura 2).

Observou-se que 50% das publicações encontradas falavam sobre a produção de mudas do açaí, seguido de 28,84% para o jatobá. A andiroba apresentou 9,62% da produção, enquanto a contribuição de buriti e copaíba foi de 5,77% para cada espécie (Figura 3).

Nos 52 trabalhos compilados, foram realizados 104 testes utilizando 69 substratos oriundos de 24 matérias-primas, indicando que apesar da disparidade no número de publicações entre as espécies, houve uma similaridade entre a composição dos substratos, os quais tinham principalmente características orgânicas ou organominerais (Tabela 1). Por exemplo, apenas a produção de mudas de andiroba não foi testada com o uso de esterco como substrato, enquanto para todas as espécies o substrato com casca de arroz foi testado (Tabela 1).

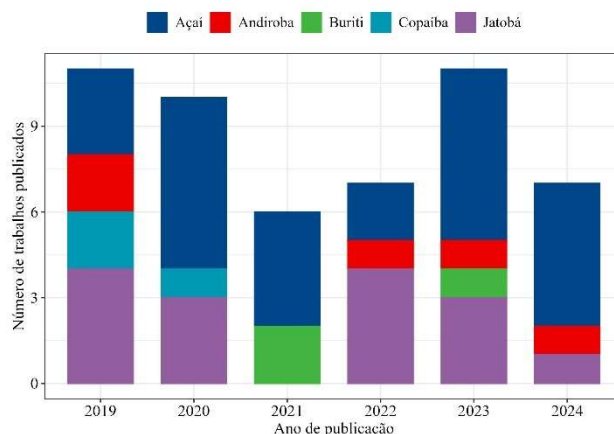


Figura 2. Distribuição por espécie e ano das publicações sobre produção de mudas de açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba nos últimos 6 anos (2019-2024)

Figure 2. Distribution by species and year of publications on the production of açaí, Jatobá, Buriti, Copaíba and Andiroba seedlings in the last 6 years (2019-2024)

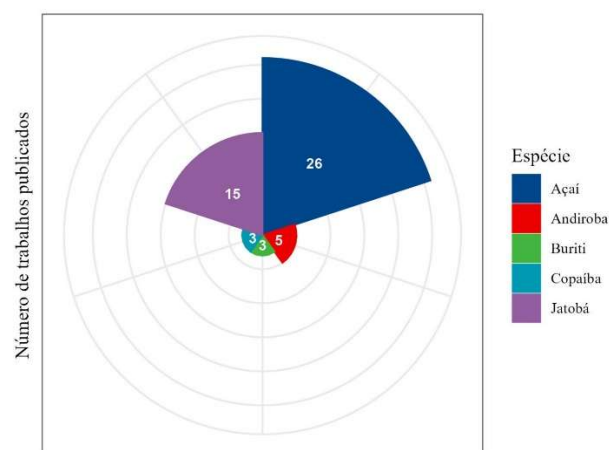


Figura 3. Distribuição por espécie das publicações sobre produção de mudas de açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba nos últimos 6 anos (2019-2024).

Figure 3. Distribution by species of publications on the production of açaí, jatobá, buriti, caopiba and andiroba seedlings in the last 6 years (2019-2024).

Os substratos comerciais Bioplant®, Tropstrato®, Carolina II®, Plantmax® e Basaplant® foram testados 29 vezes, sejam eles isolados (n = 16) ou combinados com outros produtos (n = 1). Bioplant® foi utilizado para a produção de mudas de açaí (PAIXÃO et al., 2019), buriti (PAIM et al., 2023; RODRIGUES et al., 2021) e jatobá (BIAZATTI et al., 2024; CARVALHO et al., 2022, 2020), Tropstrato® para açaí (ARAÚJO et al., 2020; REIS et al., 2021) e jatobá (REIS et al., 2023), Carolina II® para produção de mudas de andiroba (VALDETARO et al., 2019), e Plantmax® e Basaplant® apenas para Jatobá (GRISI et al., 2019; REGNIER, 2020).

4. DISCUSSÃO

4.1. Distribuição das publicações por espécies e por substratos

A discrepância em relação à quantidade de trabalhos entre as espécies pode ser atribuída a uma combinação de fatores relacionados ao interesse econômico, à demanda de mercado e à facilidade de adaptação das espécies às condições de

cultivo. O açaí, por exemplo, é uma das principais espécies da região, com uma crescente demanda tanto no mercado nacional quanto internacional (TEIXEIRA et al., 2024), o que justifica o maior número de estudos sobre a produção de mudas desta espécie. A popularidade da espécie como

alimento funcional e a expansão das áreas de cultivo para atender à crescente demanda de produtos derivados, como polpa e vinho de açaí, são fatores que podem explicar o maior investimento em pesquisas sobre técnicas de cultivo e otimização de substratos.

Tabela 1. Substratos utilizados na produção de mudas de açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba publicados nos últimos 6 anos (2019-2024)
Table 1. Substrates used in the production of açaí, Jatobá, Buriti, Copaíba and Andiroba seedlings published in the last 6 years (2019-2024)

Espécie	Substrato	Autoria
Açaí	Comercial	ARAÚJO et al. (2020); REIS et al. (2021); AMARAL et al. (2023); CAMPOS et al. (2023); PAIXÃO et al. (2019); PEREIRA et al. (2022); RAMOS FILHO et al. (2023)
	Solo + N + P ₂ O ₅	ARAÚJO et al. (2024)
	Solo + osmocote	ARAÚJO et al. (2023)
	Solo + superfosfato simples	BUTZKE et al. (2023)
	Mineral (vermiculita)	FERREIRA et al. (2020); PAIXÃO et al. (2019)
	Acerola + caroço de açaí	
	Acerola + cupuaçu	ARAÚJO et al. (2020)
	Areia + esterco + solo	OLIVEIRA et al. (2021)
	Babaçu	
	Babaçu + casca de arroz	REIS et al. (2021)
	Babaçu + casca de arroz + fibra de coco	
	Biochar de açaí	MENDONÇA et al. (2024)
	Biosólidos	SOUZA et al. (2023)
	Cama de aviário	NAVEGANTES et al. (2024); RAMOS FILHO et al. (2023)
	Caroço de açaí + cupuaçu	ARAÚJO et al. (2020)
	Caroço de açaí triturado	
	Caroço de açaí triturado + húmus de minhoca	SILVA et al. (2024)
	Caroço de acerola	
	Caroço de açaí triturado	ARAÚJO et al. (2020)
	Casca de arroz	REIS et al. (2021)
	Casca de castanha-do-Brasil	
	Casca de cupuaçu	
	Castanha + casca de cupuaçu	ARAÚJO et al. (2020)
	Castanha-do-Brasil + acerola	
	Castanha-do-Brasil + caroço de caroço de açaí	
	Caule decomposto de babaçu	OLIVEIRA et al. (2019b)
	Esterco	AZEVEDO et al. (2021)
	Esterco + serragem	FEITOSA et al. (2022); OLIVEIRA et al. (2021)
	Fibra de coco carbonizada	REIS et al. (2021)
	Fibra de coco triturada	CASTRO et al. (2020)
	Húmus de minhoca	SILVA et al. (2024)
	Solo + areia + cama de aviário	
	Solo + areia + esterco bovino	PEREIRA et al. (2022)
	Solo + areia + esterco de carneiro	
	Solo + areia + KH ₂ PO ₄	ALMEIDA et al. (2021)
	Solo + bagana de carnaúba	SOUSA et al. (2020)
	Solo + caule decomposto de babaçu + casca de arroz	OLIVEIRA et al. (2020)
	Terra preta + cama de aviário	
	Terra preta + compostagem orgânica	NASCIMENTO et al. (2019)
	Terra preta + esterco bovino	
	Turfa + casca de arroz	SILVA et al. (2024)
	Acerola + comercial	ARAÚJO et al. (2020)
Areia + esterco + comercial	OLIVEIRA et al. (2021)	
Caroço de açaí + comercial		
Castanha + comercial	ARAÚJO et al. (2020)	
Comercial + vermiculita	DOURADO et al. (2024)	
Cupuaçu + comercial	ARAÚJO et al. (2020)	
Turfa + casca de arroz carbonizada + esterco + esterco bovino curtido + fertilizante mineral + calcário dolomítico	CORREA et al. (2020)	
Andiroba	Areia + argila	VALDETARO et al. (2019)
	Areia + fertilizante orgânico	
	Casca de arroz	PELEJA et al. (2022)
	Solo florestal	OLIVEIRA et al. (2019a)
	Solo florestal + matéria orgânica + areia	TRIBUZY et al. (2022)
Comercial	VALDETARO et al. (2019)	

Tabela 1. Substratos utilizados na produção de mudas de açaí, jatobá, buriti, copaíba e andiroba ... (CONTINUAÇÃO)
 Table 1. Substrates used in the production of açaí, Jatobá, Buriti, Copaíba and Andiroba seedlings ... (CONTINUATION)

Espécie	Substrato	Autoria
Buriti	Bagaço de cana de açúcar	SARAIVA et al. (2021)
	Esterco	PAIM et al. (2023); SARAIVA et al. (2021)
	Comercial	PAIM et al. (2023); RODRIGUES et al. (2021)
Copaíba	Casca de arroz	BOECHAT et al. (2020); DAMASCENO et al. (2019)
	Esterco	SILVA et al. (2019a); BOECHAT et al. (2020); DAMASCENO et al. (2019)
	Húmus de minhoca	SILVA et al. (2019a)
	Resíduo de carnaúba	BOECHAT et al. (2020); DAMASCENO et al. (2019)
	Comercial	
	Comercial + casca de arroz	SILVA et al. (2019a)
	Comercial + húmus	
	Areia + vermiculita + Húmus	ROCHA et al. (2022)
	Areia lavada + NPK	SMIDERLE et al. (2023)
	Comercial	REIS et al. (2023); BIAZATTI et al. (2024); CARVALHO et al. (2022); CARVALHO et al. (2020); SILVA et al. (2019b)
Jatobá	Comercial + vermiculita	GRISI et al. (2019)
	Solo + micronutrientes + fertilizante Yoorim	FERNANDES et al. (2024)
	Casca de arroz	SILVA et al. (2020b)
	Casca de arroz + esterco	
	Casca de arroz + húmus	CARVALHO et al. (2020)
	Húmus + esterco	
	Rejeito de mina + inoculação de bioestimulante	BRESSANIN et al. (2022)
	Solo + areia	SILVA et al. (2019c)
	Solo + casca de arroz + composto orgânico	SMIDERLE et al. (2022)
	Solo + inoculação de bioestimulante	BRESSANIN et al. (2022)
	Comercial + casca de arroz	
	Comercial + esterco	CARVALHO et al. (2020)
	Comercial + húmus	
Esterco + vermiculita	COSTA et al. (2019)	
Solo + casca de arroz + comercial + Yoorin + Osmocote	REGNIER (2020)	

O jatobá, segunda espécie com o maior número de trabalhos, apresenta grande importância ecológica e potencial para o uso comercial na indústria de móveis e construção civil, demandando de produção de mudas. No caso da andiroba, buriti e copaíba, embora sejam tenham um valor econômico no setor de cosméticos e na produção de óleos essenciais, não possuem a mesma escala de produção e comercialização do açaí, além de concentrar pesquisas voltadas às propriedades fitoterápicas (BARROS et al., 2021; CARDOSO et al., 2020; FONSECA et al., 2024; SOARES et al., 2021) ou ao extrativismo (ALVES et al., 2024; FREITAS et al., 2023; SOARES; SILVA; DIAS, 2020).

Por outro lado, a análise sobre os substratos utilizados reflete uma tendência comum na pesquisa sobre técnicas de cultivo e a utilização de materiais amplamente disponíveis e de baixo custo. O uso do esterco, por exemplo, é frequentemente testado em diversos estudos devido à sua alta fertilidade, baixo custo e ampla disponibilidade (LIU et al., 2020). A casca de arroz, por ser um subproduto agrícola amplamente disponível, também representa uma solução econômica e sustentável (SILVA et al., 2020a).

A escolha pelos substratos comerciais pode ter sido motivada pela busca por uma fórmula mais controlada, uma vez que estes fornecem uma combinação precisa de nutrientes e características físicas, especialmente em sistemas de cultivo controlados, como os viveiros. Por outro lado, a elevada quantidade de substratos 100% orgânicos ou que conciliavam os substratos comerciais a produtos orgânicos e adubação mineral indica que a disponibilidade, os custos e a adaptação das técnicas de cultivo são fatores indispensáveis para a produção de mudas.

4.2. Aspectos físicos dos substratos

A estrutura física do substrato é determinante para o desenvolvimento das mudas, visto que variáveis como porosidade e capacidade de retenção de água do substrato são fundamentais. Dessa maneira, a preferência por substratos orgânicos pode estar relacionada às características físicas favoráveis ao desenvolvimento inicial das plantas, uma vez que estes permitem boa aeração, facilitando a respiração das raízes e prevenindo o apodrecimento (PINEDA et al., 2020). A estrutura porosa desses substratos em comparação a substratos comerciais (Figura 4) favorece o enraizamento das plantas, permitindo que as raízes penetrem facilmente no meio sem dificuldades.

No caso dos organominerais, os quais combinam matéria orgânica com fertilizantes minerais, o amplo uso está relacionado à multifuncionalidade, visto que além de oferecerem benefícios no aspecto físico do substrato, também promove a disponibilidade gradual de nutrientes (SMIDERLE et al., 2021). Sendo assim, o uso é vantajoso para espécies que exigem um fornecimento contínuo de nutrientes ao longo do desenvolvimento inicial, como espécies florestais de crescimento lento. Comparado aos substratos comerciais, como os preparados industrialmente à base de perlita e vermiculita, os substratos orgânicos e organominerais apresentam a vantagem de serem mais acessíveis e de oferecerem uma maior compatibilidade com as condições locais. Dessa maneira, enquanto substratos comerciais oferecem controle rigoroso das proporções dos ingredientes, os orgânicos e organominerais permitem maior flexibilidade nutricional e, frequentemente, são mais sustentáveis.



Figura 4. Substratos à base de casca de castanha-do-brasil (A), caroço de acerola (B), Tropstrato® (C), casca de cupuaçu (D), caroço de açaí (E), casca de arroz carbonizada (F), turfa (G), fibra de coco (H), vermiculita fina (I), húmus de minhoca (J) e cama de frango (K). Fonte: A – E (ARAÚJO et al., 2020); F (<https://www.cantinhodojardim.com.br/>); G (<https://www.suculentadossosinhos.com.br/>); H (<https://cultlight.com.br/>); I (<https://dalagro.com.br/produto/vermiculita-fina/>); J (<https://hortoalvorada.com.br/>); K(<https://afolhatorres.com.br/>).

Figure 4. Substrates based on Brazil *nut* shell (A), acerola kernel (B), Tropstrato® (C), cupuaçu shell (D), açaí kernel (E), carbonized rice husk (F), peat (G), coconut fiber (H), fine vermiculite (I), earthworm humus (J) and chicken litter (K). Source: A – E (ARAÚJO et al., 2020); F (<https://www.cantinhodojardim.com.br/>); G (<https://www.suculentadossosinhos.com.br/>); H (<https://cultlight.com.br/>); I (<https://dalagro.com.br/produto/vermiculita-fina/>); J (<https://hortoalvorada.com.br/>); K(<https://afolhatorres.com.br/>).

A casca de arroz, por exemplo, foi um substrato orgânico amplamente utilizado para a produção de mudas das espécies avaliadas, seja in natura (DAMASCENO et al., 2019) ou carbonizada (CORREA et al., 2020). Este material é leve e altamente poroso, o que favorece a respiração radicular e previne a compactação do substrato, que é um problema comum em substratos mais densos (SILVA et al., 2020a). Ademais, a casca de arroz mantendo um nível adequado de umidade para o desenvolvimento das raízes, sem causar o encharcamento do substrato. Outra vantagem desse substrato é a alta concentração de silício, permitindo o fortalecimento de células vegetais e o aumento da resistência das plantas a doenças e pragas (ELAMAWI et al., 2020).

Outros substratos orgânicos comumente utilizados incluíram a turfa, o esterco de animais e o húmus de minhoca (Tabela 1). A turfa, é conhecida por sua excelente capacidade de retenção de água e nutrientes, mas sua utilização é controversa devido à extração não sustentável em alguns locais. Já o esterco de animais, por ser rico em nutrientes, pode ser misturado a outros substratos orgânicos para enriquecer a nutrição das mudas, embora deva ser bem curtido para evitar o risco de queima das raízes devido ao seu alto teor de amônia (LIU et al., 2020). O húmus de minhoca é outra opção rica em matéria orgânica, com excelentes propriedades de retenção de água e promoção do

crescimento saudável das plantas, além de ser rico em microrganismos benéficos que ajudam a melhorar a qualidade do solo (GÓES et al., 2012; OLIVEIRA; XAVIER; DUARTE, 2013).

Além destes, este estudo ressalta o potencial amazônico para fornecer insumos locais e sustentáveis voltados à composição de substratos orgânicos. Isoladamente, o substrato composto pelo caroço triturado de acerola apresenta baixa densidade úmida ($265,8 \text{ kg m}^{-3}$), porém a mistura com a casca de castanha-do-Brasil triturada (densidade úmida = $573,1 \text{ kg m}^{-3}$), resultou em um substrato ideal para promover elevado crescimento e biomassa seca em mudas de açaí, apresentando densidade de $326,3 \text{ kg m}^{-3}$ (ARAÚJO et al., 2020). Diante disso, torna-se evidente que substratos podem contribuir para a sustentabilidade do cultivo, pois utilizam materiais que, de outra forma, poderiam ser descartados, agregando valor à cadeia produtiva local.

4.3. Aspectos químicos dos substratos

Os atributos químicos dos substratos, como pH e fertilidade, desempenham um papel crucial no desenvolvimento inicial das plantas. O pH influencia diretamente a disponibilidade de nutrientes essenciais para as mudas, sendo que em substratos orgânicos, como a casca de arroz e o húmus de minhoca, o pH geralmente se encontra em uma faixa que favorece a absorção eficiente de nutrientes, promovendo um crescimento saudável. A casca de arroz carbonizada tende a ter um pH levemente alcalino, o que pode ajudar a corrigir solos mais ácidos (KANG et al., 2023), enquanto o húmus de minhoca apresenta um pH próximo da neutralidade, sendo ideal para a maioria das espécies florestais (DESIE et al., 2020).

A fertilidade dos substratos também é um fator determinante, uma vez que ela garante o fornecimento dos nutrientes necessários para o crescimento das mudas. Os substratos orgânicos, como o húmus de minhoca, são naturalmente ricos em nutrientes essenciais como nitrogênio, fósforo e potássio, além de microrganismos benéficos que ajudam na mineralização da matéria orgânica, aumentando a disponibilidade de nutrientes de forma gradual (AKHILA; ENTOORI, 2022). O esterco de animais, quando devidamente curtido, é outro exemplo de substrato orgânico com alta fertilidade, embora apresente risco de salinidade e presença de amônia, que pode ser prejudicial às raízes se aplicado em excesso (SMITH; WILSON; PAGLIARI, 2020).

Substratos organominerais, que combinam matéria orgânica com aditivos minerais, oferecem uma fertilidade mais controlada e adaptável. Essa combinação permite que os substratos forneçam nutrientes de forma mais equilibrada e contínua, o que é particularmente benéfico para espécies que demandam um aporte nutricional constante, como é o caso de andiroba. A inclusão de fertilizantes minerais pode ajustar o pH para a faixa ideal de 5,5 a 6,5, favorecendo a disponibilidade de nutrientes e evitando problemas de toxicidade por metais como alumínio em substratos excessivamente ácidos (TAIZ et al., 2017; SOUZA et al., 2021).

4.4. Aspectos biológicos dos substratos

Além dos benefícios físico-químicos, os substratos orgânicos servem como alimento para diversos microrganismos, como bactérias, fungos e actinobactérias, que atuam na decomposição e na mineralização dos

nutrientes, uma vez que transformam compostos orgânicos em formas assimiláveis (MALEWSKI et al., 2022). Além disso, a presença de fungos micorrízicos, que formam simbioses com as raízes das plantas, melhora ainda mais a eficiência da absorção de nutrientes, especialmente fósforo, e contribui para a proteção das plantas contra patógenos do solo (RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ et al., 2021). A atividade biológica aumentada em substratos orgânicos melhora a estrutura do solo, promovendo maior agregação e maior retenção de água, o que favorece o desenvolvimento radicular. Isso explica o uso e o potencial de bioestimulantes a base de fungos e bactérias utilizados para a produção de mudas de jatobá, o qual aumentou a taxa fotossintética e beneficiou a morfologia das raízes da espécie (BRESSANIN et al., 2022).

Em comparação com substratos comerciais, os substratos orgânicos e organominerais têm a vantagem de serem mais ricos em biodiversidade microbiana, o que resulta em uma maior resiliência biológica do substrato. Substratos comerciais, como vermiculita, oferecem boa drenagem e aeração, mas são menos nutritivos e não fornecem matéria orgânica suficiente para sustentar uma microbiota diversa, tornando indispensável a associação com componentes orgânicos (DONG et al., 2021). Substratos orgânicos compostos por casca de cupuaçu, bagaço de açaí e a casca de castanha-do-Brasil, além de fornecerem uma rica fonte de nutrientes, favorecem a atividade microbiana, contribuindo para o ciclo de nutrientes (BRITO; OLIVEIRA; MORAES, 2024). Portanto, o uso de substratos orgânicos e organominerais locais, com seu potencial biológico elevado, representa uma alternativa vantajosa para a produção de mudas de espécies florestais amazônicas, aliando sustentabilidade e benefícios biológicos no processo de cultivo.

5. CONCLUSÕES

A análise dos 52 estudos revelou uma concentração significativa de pesquisas voltadas à produção de mudas de açaí, em comparação às demais espécies avaliadas. No entanto, a similaridade observada nos substratos utilizados, especialmente orgânicos e organominerais, sobretudo casca de arroz e esterco de animais, destaca a preferência por materiais acessíveis e sustentáveis, capazes de atender às exigências de diferentes espécies. No geral, substratos que equilibrem porosidade, retenção de água, pH adequado e suporte biológico ativo são recomendados para a produção eficiente e sustentável. A literatura revisada aponta que a utilização de fontes locais e a inclusão de matéria orgânica enriquecida podem maximizar o sucesso na produção de mudas de espécies florestais amazônicas.

6. REFERÊNCIAS

ABREU-NARANJO, R.; PAREDES-MORETA, J. G.; GRANDA-ALBUJA, G.; ITURRALDE, G.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A. M.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M. Bioactive compounds, phenolic profile, antioxidant capacity and effectiveness against lipid peroxidation of cell membranes of *Mauritia flexuosa* L. fruit extracts from three biomes in the Ecuadorian Amazon. **Heliyon**, v. 6, n. 10, e05211, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05211>

AKHILA, A.; ENTOORI, K. Role of earthworms in soil fertility and its impact on agriculture: A review. **International Journal of Fauna and Biological**

Studies, v. 9, n. 3, p. 55-63, 2022. <https://doi.org/10.22271/23940522.2022.v9.i3a.907>

ALMEIDA, D. S.; FREITAS, M. S. M.; CARVALHO, A. J. C. C.; BELTRAME, R. A.; MOREIRA, S. O.; VIEIRA, M. E. Mycorrhizal fungi and phosphate fertilization in the production of *Euterpe edulis* seedlings. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo**, v. 53, n. 2, p. 109-118, 2021. <https://doi.org/10.48162/rev.39.045>

ALVES, T. C. V.; REZENDE, M. G. G.; GUIMARÃES, D. F. S.; VASCONCELOS, M. A.; ANDRADE, C. M. G.; LIMA, J. C. L. Guardians of the forest: the traditional knowledge associated to sociobiodiversity products in the Middle Juruá territory, Carauari, Amazonas, Brazil. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 46, n. 2, p. e66810, 2024. <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v46i2.66810>

AMARAL, G. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; NÓIA JÚNIOR, R. S.; FONSECA, M. D. S.; MARTÍNEZ, M. F.; GOMES, V. O.; TOLEDO, J. V.; PEZZOPANE, J. R. M.; MARTÍN, R. T. Climate change and the growth of Amazonian species seedlings: an ecophysiological approach to *Euterpe oleracea*. **New Forests**, v. 54, n. 2, p. 269-287, 2023.

ARAÚJO, C. S.; LUNZ, A. M. P.; SANTOS, V. B.; ANDRADE NETO, R. C.; NOGUEIRA, S. R.; SANTOS, R. S. Use of agro-industry residues as substrate for the production of *Euterpe precatoria* seedlings. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, e58709, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5058709>

ARAÚJO, J. M.; ANDRADE NETO, R. C.; ALMEIDA, U. O.; MARIM, J. P. S.; ABREU, M. G. P.; COSTA, D. A. Production of açaí seedlings under different shade levels and controlled release fertilizer. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 3, e7325, 2023. <https://doi.org/10.32404/rean.v10i3.7325>

ARAÚJO, E. C. G.; SILVA, T. C.; CUNHA NETO, E. M.; FAVARIN, J. A. S.; GOMES, J. K. S.; CHAGAS, K. P. T.; FIORELLI, E. C.; SONSIN, A. F.; MAIA, E. Bioeconomy in the Amazon: Lessons and gaps from thirty years of non-timber forest products research. **Journal of Environmental Management**, v. 370, e122420, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122420>

ARAÚJO, J. C.; RUFINO, C. P. B.; ANDRADE NETO, R. C.; LUNZ, A. M. P.; MATTAR, E. P. L.; FRADE JUNIOR, E. F.; GUILHERME, J. P. M.; MIRANDA, E. M.; BARBOSA, J. T. L. Adubação nitrogenada e fosfatada na produção e no crescimento de mudas de *Euterpe precatoria* Mart. **Scientia Plena**, v. 20, n. 7, e201, 2024. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2024.070201>

AZEVEDO, G. A.; COSTA, C. A. A.; SILVA-MATOS, R. R. S.; AZEVEDO, J. R.; ALMEIDA, E. I. B.; SOUSA, W. S. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de açaí cultivar BRS-Pará. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, e9887, 2021. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.9887>

BARBOSA, J. R.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Food sustainability trends - How to value the açaí production chain for the development of food inputs from its main bioactive ingredients? **Trends in Food Science & Technology**, v. 124, p. 86-95, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.005>

BARROS, F. B.; SOUSA, F. F.; ANDRADE, J. P.; RAMOS, F. M.; VIEIRA-DA-SILVA, C. Ethnoecology of miriti

- (*Mauritia flexuosa*, L.f.) fruit extraction in the Brazilian Amazon: knowledge and practices of riverine peoples contribute to the biodiversity conservation. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 17, n. 1, e03, 2021. <https://doi.org/10.1186/s13002-020-00430-z>
- BLAZATTI, R. M.; SANTOS, S. C.; SANTOS, C. C.; PINHEIRO, B. L.; CARVALHO, R. L.; MEDEIROS, E. S.; SCALON, S. P. Q.; TORALES, E. P. Do multifunctional organisms and *Chlorella* sp. microalgae benefit the production of *Hymenaea courbaril* L. seedlings? **Canadian Journal of Forest Research**, v. 55, e69, 2024. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2024-0069>
- BŁONSKA, E.; KEMPF, M.; LASOTA, J. Woody debris as a substrate for the growth of a new generation of forest trees. **Forest Ecology and Management**, v. 525, e120566, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120566>
- BOECHAT, C. L.; DAMASCENO, A. S. S.; ROCHA, C. B.; ARAUCO, A. M. S.; SILVA, H. F. Organic residues in the composition of substrates enriched with bokashi biofertilizer for the sustainable production of *Copaifera langsdorffii* seedlings. **Cerne**, v. 26, n. 1, p. 18-25, 2020. <https://doi.org/10.1590/01047760202026012694>
- BRESSANIN, L. A.; DINIZ, A. A. M.; SOUZA, K. R. D.; FLORENTINO, L. A.; SILVA, A. B.; MAGALHÃES, P. C.; PASQUAL, M.; SOUZA, T. C. Diazotrophic bacteria improve *Hymenaea courbaril* seedlings growth and survival in iron mine tailings. **Journal of Environmental Management**, v. 321, e115985, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115985>
- BRITO, W. R. O.; OLIVEIRA, C. N. M.; MORAES, R. P. Utilização de substrato preparado com compostagem para produção de mudas: uma revisão sistemática de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 7, n. 14, e141009, 2024. <https://doi.org/10.55892/jrg.v7i14.1009>
- BUTZKE, A. G.; BRITO, R. S.; ANDRADE NETO, R. C.; LUNZ, A. M. P.; FIUZA, S. S. Produção de mudas de açazeiro solteiro submetidas a doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 2, e7316, 2023. <https://doi.org/10.32404/rean.v10i2.7316>
- CAMPOS, T. S.; PATRÍCIO, M. P.; VIEIRA, G. R.; SOUZA, A. M. B.; SANTOS, C. H. B.; RIGOBELLO, E. C.; PIVETTA, K. F. L. Rhizobacteria in growth and quality of açai seedlings. **Ornamental Horticulture**, v. 29, n. 2, p. 208-215, 2023. <https://doi.org/10.1590/2447-536x.v29i2.2596>
- CARDARELLI, M.; WOO, S. L.; ROUPHAEL, Y.; COLLA, G. Seed Treatments with Microorganisms Can Have a Biostimulant Effect by Influencing Germination and Seedling Growth of Crops. **Plants**, v. 11, n. 3, e259, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11030259>
- CARDOSO, F. C.; COSTA, A. P. S.; CRISPINO, A. C. S.; SILVA, A. P. R.; OLIVEIRA, J. A. R. Physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity of pulp, peel, endocarp and food paste developed with buriti pulp and waste (*Mauritia flexuosa* L.). **Scientia Plena**, v. 16, n. 11, e111501, 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.111501>
- CARVALHO, L. G. V.; SANTOS, S. C.; LOURENTE, E. R. P.; TROVATO, V. W.; SANTOS, C. C.; RUI, R. F. Jatobazeiro seedlings associated with arbuscular mycorrhizal fungi. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n. 2, e006, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022006>
- CARVALHO, P. R. M.; SILVA, C. A.; REIS, L. L.; MAFFUD, J. R. Superação de dormência de sementes e desenvolvimento de mudas de jatobazeiro em substratos alternativos. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 5, p. 103-113, 2020.
- CASTRO, G. L. S.; RÊGO, M. C. F.; SILVESTRE, W. V. D.; BATISTA, T. F. V.; SILVA, G. B. Açai palm seedling growth promotion by rhizobacteria inoculation. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 51, n. 1, p. 205-216, 2020. <https://doi.org/10.1007/s42770-019-00159-2>
- CORREA, G. P. A.; CORREA, L. A.; ALMEIDA, A. A. S.; ALMEIDA, J. C. R. Use of a water-retaining polymer in the cultivation substrate of palmito-juçara (*Enterpe edulis* Mart.). **Ambiente e Agua**, v. 15, n. 7, e2526, 2020. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2526>
- COSTA, E.; LOPES, K. G.; BINOTTI, F. F. S.; BINOTTI, E. D. C.; DALASTRA, C. Technologies for Jatoba seedling formation. **Floresta e Ambiente**, v. 26, e8415, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.008415>
- DAMASCENO, A. S. Silva; BOECHAT, C. L.; MORAIS, J.; GONÇALVES, B. P. S.; ARAUCO, A. M. S. Soil classes and regional organic residues affect nutrition, morpho-physiology and quality of copaiba seedlings. **Cerne**, v. 25, n. 2, p. 131-139, 2019. <https://doi.org/10.1590/01047760201925022624>
- DESIE, E.; MEERBEEK, K. V.; WANDELER, H. D.; BRUELHEIDE, H.; DOMSCH, T.; JAROSZEWICA, B.; JOLY, F. X.; VANCAMPENHOUT, K.; VESTERDAL, L.; MUYS, B. Positive feedback loop between earthworms, humus form and soil pH reinforces earthworm abundance in European forests. **Functional Ecology**, v. 34, n. 12, p. 2598-2610, 2020. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13668>
- DONG, M.; SHAO, Y.; XU, Z.; LIU, X.; XU, Y.; HU, X.; NIU, X.; LIU, A. Resilience of fungal flora in bauxite residues amended with organic matter and vermiculite/fly ash. **Journal of Environmental Management**, v. 284, e112052, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112052>
- DOURADO, N. S.; GOMES, N. S. B.; ANDRADE NETO, R. C.; BENTO, M. C.; CUNHA, T. A.; SILVA, C. C. Efeito do sombreamento, fertilizante e estágio de plântula no crescimento de mudas de açai (*Enterpe precatoria* Mart.). **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 5, e3934, 2024. <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n5-214>
- ELAMAWI, R. M.; TAHOON, A. M.; ELSHARNOBY, D. E.; EL-SHAFFEY, R. A. Bio-production of silica nanoparticles from rice husk and their impact on rice bakanae disease and grain yield. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 53, n. 9-10, p. 459-478, 2020. <https://doi.org/10.1080/03235408.2020.1750824>
- FEITOSA, D. L.; SILVA, G. L.; FERREIRA, A. L.; BARBOSA, D. R. S. Emergence and initial growth of açai palm under different light levels after seed dormancy breaking treatments. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, e593111537515, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37515>
- FERNANDES, G. W.; RAMOS, L.; SANTOS, J. C.; PEREA, R.; MOREIRA, R. G.; CUEVAS-REYES, P.;

DIRZO, R. Vulnerability of seedlings to herbivore and pathogen attack: the importance of plant vigor and plant nutritional quality in *Hymenaea courbaril*. **Arthropod-Plant Interactions**, v. 18, n. 5, p. 829-840, 2024. <https://doi.org/10.1007/s11829-024-10067-4>

FERREIRA, C. D.; SILVA-CARDOSO, I. M. A.; FERREIRA, J. C. B.; COSTA, F. H. S.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Morphostructural and histochemical dynamics of *Euterpe precatoria* (Arecaceae) germination. **Journal of Plant Research**, v. 133, n. 5, p. 693-713, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10265-020-01219-7>

FONSECA, A. S. A.; MONTEIRO, I. S.; SANTOS, C. R.; CARNEIRO, M. L. B.; MORAIS, S. S.; ARAÚJO, P. L.; SANTANA, T. F.; JOANITTI, G. A. Effects of andiroba oil (*Carapa guianensis* aublet) on the immune system in inflammation and wound healing: A scoping review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 327, e118004, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2024.118004>

FREITAS, J. S.; HOMMA, A. K. O.; FERREIRA, J. F. C.; FARIAS FILHO, M. C.; MATHIS, A.; SILVA, D. C. C.; PADILHA, L. M. Limits and Possibilities of Vegetable Extraction in Extractive Reserves in the Amazon. **Sustainability**, v. 15, n. 4, e3836, 2023. <https://doi.org/10.3390/su15043836>

GÓES, G. B.; MELO, I. G. C.; DANTAS, D. J.; ARAÚJO, W. B. M.; ALENCAR, R. D. Utilização de húmus de minhoca como substrato na produção de mudas de tamarindeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 125-131, 2012.

GRISI, P. U.; DORNELES, M. C.; RANAL, M. A.; OLIVEIRA, A. P.; MENDES-RODRIGUES, C.; SANTANA, D. G. Ex situ initial seedling development of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae): a crucial phase to preserve the species. **Hoehnea**, v. 46, n. 2, e742018, 2019. <https://doi.org/10.1590/2236-8906-74/2018>

KANG, Y. G.; LEE, J. H.; LEE, J. Y.; KIM, J. H.; OH, T. K.; SUNG, J. K. Effect of pyrolysis conditions on chemical properties of carbonized rice husks for efficient NH₄⁺ adsorption. **Applied Biological Chemistry**, v. 66, n. 1, e45, 2023. <https://doi.org/10.1186/s13765-023-00806-1>

LIU, T.; WANG, M.; AWASTHI, M. K.; CHEN, H.; AWASTHI, S. K.; DUAN, Y.; ZHANG, Z. Measurement of cow manure compost toxicity and maturity based on weed seed germination. **Journal of Cleaner Production**, v. 245, e118894, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118894>

MALEWSKI, T.; BOROWIK, P.; OLEJARSKI, I.; BEREZOVSKA, D.; DYSHKO, V.; BEHNKE-BOROWCZYK, J.; PUSZ, W.; MATIC, S.; OSZAKO, T. Mycobium of Post-Agricultural Soils 20 Years after Application of Organic Substrates and Planting of Pine Seedlings. **Forests**, v. 14, n. 1, e36, 2022. <https://doi.org/10.3390/f14010036>

MARTINS, W. B. R.; RODRIGUES, J. I. M.; OLIVEIRA, V. P.; RIBEIRO, S. S.; BARROS, W. S.; SCHWARTZ, G. Mining in the Amazon: Importance, impacts, and challenges to restore degraded ecosystems. Are we on the right way? **Ecological Engineering**, v. 174, e106468, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106468>

MENDONÇA, M. S.; MELO, W. J.; MELO, G. M. P.; BERTIPAGLIA, L. M. A.; ARAUJO, A. S. F.; REIS, I.

O. M. S.; ROCHA, S. M. B.; NOGUEIRA, T. A. R.; ABREU-JUNIOR, C. H.; JANI, A. D. Açai seed biochar improves soil quality and black pepper seedling development in the Amazon region. **Journal of Environmental Management**, v. 367, e121752, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121752>

NARVAEZ, L. E. M.; FERREIRA, L. M. M. C.; SANCHES, S.; ALESA GYLES, D.; SILVA-JÚNIOR, J. O. C.; COSTA, R. M. R. A Review of Potential Use of Amazonian Oils in the Synthesis of Organogels for Cosmetic Application. **Molecules**, v. 27, n. 9, e2733, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27092733>

NASCIMENTO, J. N. S.; FERREIRA, C. P.; SOUSA, L. H. S.; SILVA, J. P.; SANTOS, R. V. Experimento para produção de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum*), fava arara (*Parkia multijuga*) e açai (*Euterpe oleracea*), no município de itaituba em diferentes substratos. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16817-16840, 2019. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-214>

NAVEGANTES, P. C. A.; LOPES FILHO, W. R. L.; RODRIGUES, F. H. S.; MONTEIRO, G. G. T. N.; CHAVES, R. P. F.; OLIVEIRA NETO, C. F.; CUNHA, R. L.; PINHEIRO, H. A. Leaf gas exchange and water relations in two assai cultivars submitted to water-deficit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 46, e716, 2024. <https://doi.org/10.1590/0100-29452024716>

OLIVEIRA, A. B.; SOUZA, J. L. C.; VIERA, M. C.; VERA, R.; SOUZA, E. R. B. Desenvolvimento de mudas de açai em diferentes tipos de substrato. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, e387101219327, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.19327>

OLIVEIRA, P. S. T.; PEREIRA, R. Y. F.; MORAIS, S. F.; NUNES, R. L. S.; SANTANA, M. S.; ANDRADE, H. A. F.; CORDEIRO, K. V.; PONTES, S. F.; RODRIGUES, B. E.; MATOS, R. R. S. S. Crescimento das mudas de açai sob a aplicação de substância húmica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 123-130, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0013>

OLIVEIRA, M. C.; MATOS, C. B.; LAY, C. Z. E.; LUZEIRO, J. A. A.; MATOS, J. C. S.; CRUZ, J.; BERNARDES FILHO, L. A.; BARBOSA, A. P. The Influence of Organic Fertilizer on the Seedling Growth of an Oleaginous Species from the Amazon: Andiroba (*Carapa Procera* Aubl.). **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, n. 11, p. 192-195, 2019a. <https://doi.org/10.22161/ijaers.611.29>

OLIVEIRA, P. S.; CARNEIRO, C. A.; PEREIRA, R. Y.; ANDRADE, H.; SILVA-MATOS, R. R. Produção de mudas de açazeiro em substratos a base de caule decomposto de babaçu. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, 2019b.

OLIVEIRA, J. R.; XAVIER, F. B.; DUARTE, N. F. Húmus de minhoca associado a composto orgânico para a produção de mudas de tomate. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 2, p. 79-86, 2013. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v5n22013508>

PAGE, M. J.; McKenzie, J. E.; BOSSUYT, P. M.; BOUTRON I.; HOFFMANN, T. C.; et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, n71, e372, 2021. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

PAIM, M. S.; CARVALHO, M.; MOREIRA, É. F. A.;

- PAIVA, P. E. B.; BICALHO, E. M.; COELHO, V. P. M. Seed germination and production of swamp palm seedlings (*Mauritia flexuosa* L.f.). **Revista Árvore**, v. 47, e4729, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-908820230000029>
- PAIXÃO, M. V. S.; JUNIOR, H. P. de F.; SANTOS, E. F.; CORREA, A. C.; GROBÉRIO, R. B. C.; CHISTÉ, H. Substratos na emergência e desenvolvimento inicial de plântulas da palmeira açaí. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 3, p. 967-974, 2019.
- PELEJA, V. L.; PELEJA, P. L.; LARA, T. S.; TRIBUZY, E. S.; MOURA, J. M. S. Seasonality and Phosphate Fertilization in Carbohydrates Storage: *Carapa guianensis* Aubl. Seedlings Responses. **Plants**, v. 11, n. 15, e1956, 2022. <https://doi.org/10.3390/plants11151956>
- PEREIRA, N. L.; NEIMOG, W. S.; RAMIREZ, G. L.; VITÓRIA, N. J. V.; LEANDRO, R. C.; SANTOLIN, G. O.; MENDONÇA, A. P. Os esterco de animais influenciam o desenvolvimento de mudas de açaí? **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 10, p. 19-26, 2022. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.010.0003>
- PINEDA, J. P.; ROBLERO, M. J.; LEÓN, M. T. C.; CASTELLANOS, J. S. El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 11, n. 4, p. 931-943, 2020. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2128>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. **R Foundation for Statistical Computing**. Viena, Austria 2023.
- RAMOS FILHO, F. L. S.; BANDEIRA NETO, N. C.; PANTOJA, C. D.; NASCIMENTO, W. M. O.; SOUZA, O. T. Desenvolvimento inicial de *Euterpe oleracea* Mart. em função de recipientes usados na produção de mudas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 1, p. 9-14, 2023. <https://doi.org/10.5965/223811712212023009>
- REGNIER, L. Evaluation of harvesting and seed dormancy overcoming techniques in *Hymenaea courbaril* germination. **Journal of Horticulture and Plant Research**, v. 9, p. 18-29, 2020.
- REIS, A. S.; ALENCAR, N. M.; CRUZ, J. B. F.; SILVA, M. L. A.; GONÇALVES, F. B.; LEITE, O. C.; SANTOS, A. C. Renewable organic waste as substrate conditioning for the production of *Euterpe oleracea* seedlings. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, e76101724345, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i17.24345>
- REIS, L. C.; SCALON, S. P. Q.; FORESTI, A. C.; DRESCH, D. M.; SANTOS, C. C.; LIMA, V. T. How does shading mitigates the water deficit in young *Hymenaea courbaril* L. plants? **Frontiers in Plant Science**, v. 14, e1235234, 2023. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1235234>
- ROCHA, M. E. L.; RISTAU, A. C. P.; CRUZ, M. S. F. V.; OLIVEIRA NETO, C. F.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Growth dynamics of container seedlings of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* and *Hymenaea courbaril* L. **Revista Ceres**, v. 69, n. 4, p. 425-435, 2022. <https://doi.org/10.1590/0034-737x202269040006>
- RODRIGUES, R. L.; PAIVA, P. E. B.; ORIOLI-JÚNIOR, V.; CARVALHO, M.; COELHO, V. P. M. Mudas da palmeira buriti tem baixa exigência hídrica em vasos com solo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 9-13, 2021. <https://doi.org/10.21206/rbas.v11i1.10141>
- RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, R. M.; GUMARÃES, A. A.; CASTRO, J. L.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C.; MOREIRA, F. M. S. Rhizobia and endophytic bacteria isolated from rainforest fragments within an iron ore mining site of the Eastern Brazilian Amazon. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, p. 1461-1474, 2021. <https://doi.org/10.1007/s42770-021-00524-0>
- SACCOMAN, N. A. F.; TEIXEIRA, S. O.; DAVID, G. Q.; PERES, W. M.; YAMASHITA, O. M. Levantamento de fungos ocorrentes em madeira serrada de jatobá extraída da Amazônia Meridional. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 2, p. 101-106, 2016. <https://doi.org/10.5327/rcaa.v14i2.1610>
- SARAIVA, T. S. C.; COCOZZA, F. M.; SILVA JUNIOR, J.; BOTEZELLI, L.; LUZ, E. S.; CRUZ, A. M.; COSTA, A. R.; SOARES NETO, J. P.; OLIVEIRA, F. Evaluation of biometric parameters in the selection of substrates for buriti seedlings (*Mauritia flexuosa* L. f.). **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 8, n. 5, p. 144-151, 2021. <https://doi.org/10.22161/ijaers.85.16>
- SILVA, R. S.; RIBEIRO, A.; SIMÕES, J. Utilização de caroços triturados para produção de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.). **Magistra**, v. 34, p. 1-10, 2024.
- SILVA, M. T.; MARTINAZZO, R.; SILVA, S. D. A.; BAMBERG, A. L.; STUMPF, L.; FERMINO, M. H.; KOHLER, T. W.; MATOSO, E. S.; VALGAS, R. A. Innovative substrates for sugarcane seedling production: Sewage sludges and rice husk ash in a waste-to-product strategy. **Industrial Crops and Products**, v. 157, e112812, 2020a. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112812>
- SILVA, H. D.; RÊGO, A. B. M. L.; FREITAS, G. A.; AGUIAR, B. A. C.; RÊGO, P. L.; CARNEIRO, J. S. S.; SILVA, L. L.; SOUZA, P. B.; AUGESTA NETO, A.; RIBEIRO, E. A.; NUNES, B. H. N.; SILVA, P. S. S.; SILVA, R. R. Quality of seedlings of *Copaifera langsdorffii* Desf cultivated in alternative substrates according to the source and methods of application of humic acids. **American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences**, v. 66, n. 1, p. 105-119, 2020b.
- SILVA, R. R.; RÊGO, A. B. M. L.; AGUIAR, B. A. C.; FREITAS, G. A.; RÊGO, P. L.; SOUZA, P. B. Qualidade de mudas de *Copaifera langsdorffii* Desf., cultivadas em substratos alternativos, em função de adubação complementar. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 5, 0. 67-76, 2019a.
- SILVA, L. L.; BECKEE, Q. M. C.; OTALAKOSKI, J.; MENEGHELLO, G. E. Produção de mudas de *Hymenaea courbaril* em diferentes substratos. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 226-238, 2019b. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i2.2673>
- SILVA, S. A. S.; BRAZ, E. N.; ARAÚJO JÚNIOR, P. V.; LEÃO, F. M.; SANTOS, D. R. S.; SILVA, R. O. Development of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) seedlings in hydroponic and soil system. **Amazonian Journal of Plant Research**, v. 3, n. 3, p. 353-362, 2019c. <https://doi.org/10.26545/ajpr.2019.b00044x>
- SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; MAIA, S. S. Doses de fertilizante de liberação controlada e volume de recipiente

influenciam a qualidade de mudas de *Hymenaea courbaril*? **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, e249, 2023. <https://doi.org/10.1590/0100-29452023249>

- SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; MAIA, S. S.; REIS, N. D.; COSTA, J. S.; PEREIRA, G. S. Do stimulate® and acadian® promote increased growth and physiological indices of *Hymenaea courbaril* seedlings? **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 44, n. 2, e872, 2022. <https://doi.org/10.1590/0100-29452022872>
- SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G.; MENEGATTI, R. D.; DIAS, T. J.; MONTENEGRO, R. A. Shading and slow release fertiliser affect early growth in seedlings of Pau-marfim. **Floresta e Ambiente**, v. 28, n. 1, 2021. <https://doi.org/10.1590/2179-8087-floram-2020-0023>
- SMITH, W. B.; WILSON, M.; PAGLIARI, P. Organomineral Fertilizers and Their Application to Field Crops. In: WALDRIP, H. M.; PAGLIARI, P. H.; HE, Z. (org.). **Animal Manure: Production, Characteristics, Environmental Concerns, and Management**. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 2020. p. 229-243. <https://doi.org/10.2134/asaspecpub67.c18>
- SOARES, A. S.; WANZELER, A. M. V.; CAVALCANTE, G. H. S.; BARROS, E. M. S.; CARNEIRO, R. C. M.; TUJI, F. M. Therapeutic effects of andiroba (*Carapa guianensis* Aubl) oil, compared to low power laser, on oral mucositis in children underwent chemotherapy: A clinical study. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 264, e113365, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113365>
- SOARES, Z. T.; SILVA, A. B. C.; DIAS, I. P. R. Cunha. Manejo sustentável e potencial econômico da extração da *Mauritia flexuosa*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 67307-67329, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-241>
- SOUZA, M. O.; MATOS, R. R. S. S.; CARDOSO, J. P. S.; CORDEIRO, K. V.; BARBOSA, L. M. P.; SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, A. R. F.; MACHADO, F. G. A.; COSTA, N. A.; OLIVIERA, M. M. T. Bagana de carnaúba como substrato na produção de mudas de açaí cultivar BRS-Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 5, p. 113-122, 2020. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.005.0012>
- SOUZA, A. M. B.; CAMPOS, T. S.; FERREIRA, K. B.; FERREIRA, N. B.; GUEDES, R. B. M.; PIVETTA, K. F. L. Initial growth and quality of Jussara palm seedlings cultivated in biosolid-based substrates. **Agronomy Science and Biotechnology**, v. 9, p. 1-12, 2023. <https://doi.org/10.33158/ASB.r195.v9.2023>
- SOUZA, F. J.L.; GALVÃO, J. R.; VIANA, T. C.; PACHECO, M. J. B.; OLIVEIRA, L. A.; JESUS, A. M. B. S.; LIMA, L. M. Fontes fosfatadas e acidez do solo na produção de mudas de *Theobroma grandiflorum*. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 1, p. 141-148, 2021. <https://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2021.001.0016>
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 722 p.

- TEIXEIRA, B.; TEIXEIRA, G.; DARNET, E.; SCHALLER, H.; ROGEZ, H.; DARNET, S. A review of the genus *Euterpe*: botanical and genetic aspects of açai, the purple gold of the Amazon. **Botanical Journal of the Linnean Society**, p. boae060, 2024. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boae060>
- TRIBUZY, A. S.; PINEL, S.; FERRAZ, I. D. K.; TABALDI, L. A.; VIEIRA, L. C. S.; TRIBUZY, E. S.. Initial development of carapa guianensis aubl. plants under different shading levels: a two-year study on growth and physiological variables. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 12, p. 1-11, 2022. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.012.0001>
- VALDETARO, D. C. O. F.; HARRINGTON, T. C.; OLIVEIRA, L. S. S.; GUIMARÃES, L. M. S.; MCNEW, D. L.; PIMENTA, L. V. A.; GONÇALVES, R. C.; SCHURT, D. A.; ALFENAS, A. C. A host specialized form of *Ceratocystis fimbriata* causes seed and seedling blight on native *Carapa guianensis* (andiroba) in Amazonian rainforests. **Fungal Biology**, v. 123, n. 2, p. 170-182, 2019. <http://doi.org/10.1016/j.funbio.2018.12.001>
- WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. 2016. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

Agradecimentos: Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo financiamento de bolsa de doutorado (processo nº 140573/2024-0) e mestrado (88887.931849/2024-00), respectivamente, às duas primeiras autoras.

Contribuições dos autores: J.I.M.R.: metodologia, investigação, redação (original), redação (revisão e edição); C.A.M.: investigação e redação (original); W.R.S., R.F.S.J., W.B.R.M. e F.A.O.: redação (revisão) e validação.

Todos os autores leram o artigo na sua versão final e aprovaram a sua publicação.

Financiamentos: Este artigo não recebeu financiamento externo

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.



Copyright: © 2024 by the authors. This article is an Open-Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons **Attribution-NonCommercial (CC BY-NC)** license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).