



CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DA CADEIA PRODUTIVA DO AÇAÍ PARA INVESTIGAÇÕES DE REAPROVEITAMENTO

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.IV-042>

B. Biazzi; M. S. Nunes; J. E. Baravelli; C. T. A. Oliveira.

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo | FAUUSP. Email: betina.biazzi@usp.br

RESUMO

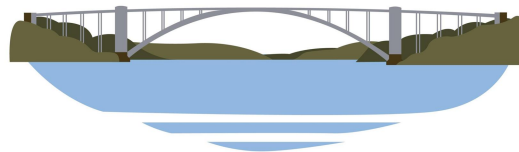
A cadeia de produção do açaí, tradicionalmente utilizado em comunidades paraenses, têm ganhado grande visibilidade recentemente ao ser nacional e internacionalmente comercializado. Impulsionado tanto pelo interesse sobre as formas do manejo do fruto paraense quanto pelas possibilidades de consumo, é nítido o aumento da produção tal qual a crescente procura pela polpa e seus subprodutos; entretanto o potente reaproveitamento dos resíduos de tal cadeia produtiva tem sido subaproveitada. A pesquisa tem como objetivo a caracterização do caroço de açaí, resíduo principal da cadeia de produção do vinho de açaí, bem como o levantamento da geração da semente descartada na cidade de Moju, no estado do Pará. Compreender os rastros sociais e ambientais correspondentes à geração de resíduos permitenos interpretar três diferentes escalas: a partir da agroindústria da polpa e derivados, em ambiente rural e os resíduos gerados difusamente em pequenos e médios centros urbanos. O caso de Moju compreende-se na terceira e última categoria, e a partir da identificação e caracterização do caroço desdobra-se, nesta mesma análise, suas possibilidades de aproveitamento. Dentre as alternativas para encontrar aproveitamento viável do resíduo, este trabalho teria, por objetivo final, encontrar uma possibilidade do aproveitamento do caroço de açaí enquanto material de construção, onde o resíduo sólido torna-se matéria prima para outras cadeias construtivas. Para isso, são estruturadas metodologias a partir de dois âmbitos em específico: na estimativa de geração de resíduo pelas bateadeiras locais de cidades pequenas e médias, tomando como estudo de caso a área urbana do município de Moju; e no estudo geométrico e morfológico do caroço e das fibras para identificação de singularidades no seu manuseio e levantamento de diretrizes de possibilidades de emprego do material. Essas duas etapas visam potencializar o aproveitamento do resíduo in natura em aplicações de baixo custo, baixa complexidade de produção, baixo impacto ambiental, que sejam amplamente acessíveis pela população, integradas idealmente a técnicas vernaculares de construção da região amazônica.

PALAVRAS-CHAVE: aproveitamento de resíduos sólidos, caroço de açaí, cadeia de produção, caracterização, desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

The açaí production chain, traditionally based in local communities in Pará, has recently received great visibility as it is being commercialized on a national and international scale. Driven by both interest in the management of Pará's açaí production and the possibilities for different forms of consumption of the fruit, it is clear that production has increased, as well as growing demand for the juice and its by-products; however, the potent reuse of the waste products from this production chain has been underutilized. This research aims to characterize the açaí seed, the main residue of the açaí wine production chain, as well as to investigate the generation of discarded seeds in the city of Moju, in the state of Pará. Understanding the social and environmental pathways corresponding to the generation of waste allows us to interpret three different scales: 1) the agro-industry of juice and its derivatives, 2) in rural areas, and 3) the waste generated diffusely in small and medium urban centers. The specific case of Moju is included in the third category, in which the investigation focused on the identification and characterization of the seed leads to the comprehension of the possibilities for its use in this environment. Among these alternatives, this study keeps in mind the exploration of possibilities for using the açaí seed as a construction material, an economical chain where the solid waste could become raw material for other construction chains. In order to do so, the methodologies of the present article are structured from two specific scopes: 1) in the estimation of açaí seed generation by local workers from small and medium cities, taking the urban area of the city of Moju as a study case; and 2) in the geometric and morphological study of the core and fibers to identify the singularities in their handling as well as raise guidelines for possibilities of using such a material. These two steps aim to promote the use of waste in natura in low cost applications with low technical production complexity, low environmental impact, that are widely accessible by the population, and ideally related to vernacular construction techniques of the Amazon region.

KEY WORDS: reuse of solid residues, acai seed, production chain, characterization, sustainable development.



INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como objetivo realizar a caracterização exploratória do resíduo do açaí, derivado da produção do vinho de açaí, na cidade de Moju, no estado do Pará. A pesquisa faz parte de um projeto de maior amplitude, desenvolvido em parceria com instituição de ensino e pesquisa em Moju, focado no estudo da viabilidade de reaproveitamento deste resíduo na construção civil e em outras aplicações locais.

A cadeia de produção do açaí ganhou visibilidade recentemente porque, a despeito do uso tradicional que as comunidades Paraenses fazem da palmeira amazônica, tem sido observado um aumento da escala de produção de polpa e derivados do açaí (in natura, mix, óleo, pó, polpa em diferentes densidades) para atender o crescente consumo como alimento multifuncional, no mercado nacional e internacional. A previsão é de que o setor continue crescendo pelo amplo potencial inexplorado de expansão no mercado internacional, levando a crer que “o açaí deve seguir o caminho de outras plantas amazônicas que se inseriram no modo de viver nacional e internacional, como ocorreu com a borracha (*Hevea brasiliensis*), cacau, mandioca (*Manihot esculenta*), castanha do Pará, guaraná e pupunha (TAVARES et al, 2020). Estas previsões reiteram o benefício total esperado pelo aproveitamento dos resíduos da cadeia de açaí, seja pela necessidade de descarte social e ambientalmente responsável, seja pelo aproveitamento dos caroços de açaí gerados em quantidade crescente, até então vistos como resíduos.

Ademais das previsões, é desejável que este setor produtivo continue forte, uma vez que a esta economia apresenta um potencial significativo para aumento da fonte de renda e melhoria dos padrões socioeconômicos da população local, tanto citadina como ribeirinha, ainda que intermitente pelas características sazonais de inflorescência da palmeira. Soma-se aqui a configuração da cadeia de açaí, em produção extrativista ou de manejo, como um forte exemplo de Atividade Produtiva Sustentável (EHRINGHAUS, 2012) no território amazônico, argumento politicamente necessário para defesa do desenvolvimento nacional com ativa manutenção da floresta em pé.

O açaí atualmente é considerado “commodity de consumo valorizado no mercado nacional e internacional [...] cujo potencial de revalorização de resíduos tem sido subaproveitado” (ALMEIDA et al, 2017). Como a produção de commodities gera rastros sociais e ambientais (RIBEIRO, 2017), pode-se analisar a geração de resíduos em três escalas. Na agroindústria de polpa e derivados há iniciativas para o reaproveitamento do resíduo em cadeias mais consolidadas; em ambiente rural a escala de geração do resíduo não apresenta impactos ambientais ou sociais problemáticos. No entanto, os resíduos gerados difusamente em pequenos e médios centros urbanos, que não são gerenciados adequadamente, constituem a principal escala de produção que carece de instrumentos e políticas de manejo dos resíduos sólidos urbanos.

É por esta escala de pequenas e médias centralidades urbanas que a presente pesquisa se interessa e, em especial, pela geração dos resíduos em pequenas unidades de beneficiamento artesanal e venda da bebida, conhecidas como bateadeiras, pulverizadas no território urbano. Por esse motivo, o resíduo é gerado de forma difusa, sendo depositado no leito carroçável ou passeio de pedestres em frente às bateadeiras para ser recolhido (Figura 1 a). Classificado como resíduo sólido municipal, o resíduo da cadeia do açaí deve ser gerenciado pelo poder público local e pelo gerador, estabelecendo a responsabilidade compartilhada que deve ser “[...] implementada de forma individualizada e encadeada [...]” em observância ao disposto no artigo 5º da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). A falta de gerenciamento do crescente volume de resíduos resulta na formação de aterros não controlados que se convertem em fatores de risco em áreas urbanizadas. O principal fator de risco está associado ao uso desses aterros para construção de moradias populares, que leva ao previsível colapso das edificações e aos irreparáveis prejuízos humanos e materiais. Outros fatores de risco são comuns aos aterros de lixo doméstico e demais resíduos sólidos municipais (Figura 1 b) e estão associados tanto à contaminação e à injúria física dos coletores de materiais recicláveis, à contaminação do solo e lençol freático, degradação (MENEZES, G. K. A. et al, 2018), quanto à eutrofização e assoreamento de cursos de água, além da emissão de gás metano.



Figura 1 (a) resíduo de açaí acumulado em frente unidade de beneficiamento artesanal (bateadeira) em Moju; (b) deposição do resíduo em aterro de lixo não controlado em Moju. (Fotos do acervo dos autores).



Apresentada a problemática identificada no município de Moju, como exemplar dos centros urbanos médios do território amazônico, discorre-se, a seguir, sobre o objeto de investigação do presente artigo: o caroço de açaí e suas possibilidades de aproveitamento.

O beneficiamento do fruto da espécie *Euterpe oleracea* Mart. gera como resíduo um caroço que corresponde, em média, a 79% da massa total do fruto, de acordo com levantamentos feitos por Ribeiro (2017, p.55). Pesquisadores da Embrapa Amazônia Oriental (OLIVEIRA; CARVALHO; NASCIMENTO, s/d) apresentam as massas percentuais da parte comestível do fruto (epicarpo e mesocarpo) e do endocarpo (caroço), a partir de determinações feitas em plantas matrizes da coleção de germoplasma de açaizeiro da Embrapa Amazônia Oriental. Em média, segundo os autores, o do epicarpo e mesocarpo representam 26,54% da massa e o endocarpo 73,46% em massa. A fina camada de polpa é ilustrada na Figura 2 com a micrografia do fruto observado ao microscópio eletrônico de varredura.

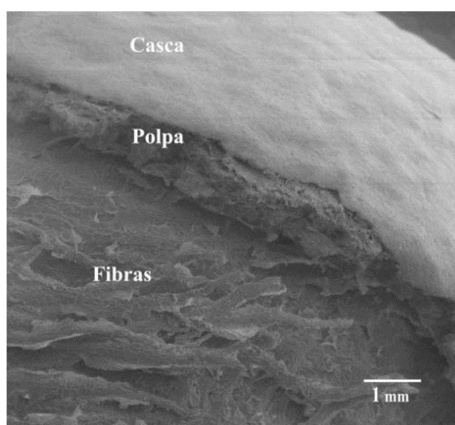


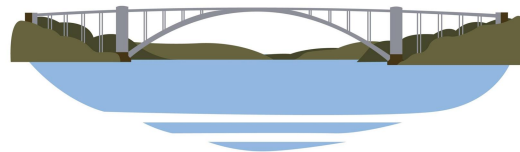
Figura 2 Micrografia obtida por microscopia eletrônica de varredura do fruto do açaí. Fonte: Martins; Mattoso e Pessoa, 2009.

Na linguagem coloquial, o resíduo do beneficiamento do açaí para a produção do vinho é conhecido como caroço. Porém vários pesquisadores, dedicados à reinserção desse resíduo em novos ciclos produtivos, dividem-no em fibras e caroço propriamente dito (ALMEIDA et al, 2017). A divisão se dá pela valoração das partes do resíduo em aplicações diversas como a geração de energia (caroço com fibras ou apenas caroço), na obtenção de matérias primas a partir do caroço para indústria química (farmacêutica e cosmética) e na produção de bens de consumo usando separadamente as fibras e o caroço. Para efeito prático desta pesquisa, considera-se o resíduo do açaí composto pelas fibras (do mesocarpo) e pelo caroço propriamente dito (endocarpo) que, nesta pesquisa, também é denominado semente. O resíduo do açaí tem despertado o interesse de pesquisadores em diversas áreas por seu elevado e desafiador potencial de aproveitamento. As alternativas encontradas na revisão bibliográfica lançam mão de diversos aspectos do caroço de açaí, buscando encontrar os empregos que melhor aproveitam o que o resíduo possa vir a oferecer, desde sua composição química, seu poder calorífico, sua lenta decomposição pela alta presença de lignina, sua configuração físico-estrutural, sua escala e distribuição territorial de geração, até seu pertencimento ao imaginário cultural e turístico da Amazônia.

Ainda em 2004, Guimarães e Filho apontam ao uso do caroço triturado para compor a biomassa de alimentação da piscicultura de tambaquis. Em investigação para utilização semelhante, Arruda et al, 2018, comentam sobre a incorporação do caroço como ingrediente alternativo na alimentação de frangos de corte de crescimento lento. O emprego que a população faz do caroço residual como para adubação orgânica do solo foi identificado por Duarte (2011), em pesquisa realizada em Codajás, AM. Investigando outro caminho, Santos (2010) demonstra possibilidade de uso do caroço de açaí como substrato para produção de enzimas por fermentação em estado sólido, com a finalidade de converter materiais lignocelulósicos em açúcares fermentescíveis. Mendes et al (2020) realizaram aprofundado estudo sobre as vantagens econômicas de empregar os caroços de açaí para a produção de biojóias e artigos pessoais, podendo ser produzidos nas próprias fábricas de distribuição de açaí nos períodos entre safra.

Uma das alternativas mais bem embasadas é aquela que aproveita o potencial calorífico liberado a partir da queima controlada do caroço de açaí, que chega a 4.500 kcal/kg. Assim, a revisão bibliográfica passa por Kabacznik & Rogez (1998), Reis (2002), Silva (2004) e Xavier (2006), pesquisadores que apontam o uso do caroço de açaí como um bom candidato a combustível natural.

Adentrando as investigações no campo da construção civil, Souza (2013) comentou sobre o uso do resíduo controlado como material de pavimentação em vias de baixo volume de tráfego. Já Antônio Mesquita (2013) publicou



sobre sua pesquisa para o emprego dos caroços na produção de ecopainéis de fibras do açaí com resina poliuretana de óleo de mamona para uso comercial da indústria da construção civil e moveleira.

Também no campo da construção civil, a presente pesquisa se propõe a encontrar uma alternativa de aproveitamento do caroço de açaí como material de construção a partir dos seguintes argumentos: O material orgânico em questão é produzido difusamente em grandes quantidades, o que casa com a escala de matéria prima extraída pela indústria da construção civil, que configura mais da metade do material extraído por um setor econômico (CARNEIRO et al, 2001). Uma vez que a necessidade humana por construir moradias é existente em todo território habitado, seja ele em ambiente citadino, rural ou ribeirinho, assim também é a necessidade por matérias primas para construir. Por esse motivo, atinou-se a hipótese de que, em uma sociedade que gera um determinado resíduo sólido em grande quantidade tanto na cidade como na floresta, existe uma grande oportunidade de aproveitar este resíduo sólido como matéria-prima para a própria cadeia da construção civil. O primeiro e maior obstáculo para se concretizar tal possibilidade, entretanto, está na criação de um método construtivo que integre o caroço de açaí como material de construção. É mantendo em vista essa possibilidade que os ensaios exploratórios do presente artigo são realizados.

Soma-se a esta possibilidade a oportunidade para desenvolvimento de um material construtivo com as seguintes características ideais: de baixo impacto ambiental, em oposição aos materiais convencionais empregados atualmente, em especial o concreto; de baixo custo e baixa complexidade técnica de produção, para garantir acesso de produção para toda a população do território amazônico; relacionada às técnicas vernaculares regionais, para resgatar tradições construtivas milenares em processo de substituição pelas técnicas exógenas e inadequadas às condições climáticas regionais, como pela alvenaria e pela casa apoiada no solo; adequadas às condições climáticas e geológicas da região e às necessidades dinâmicas das populações amazônicas. Investigação com objetivos e desafios semelhantes foram exploradas por autores como Mesquita (2013) e Francielly Barbosa (2018 e 2019), com artigo “Utilização de lixo na fundação de casas na Amazônia: problema ou solução?” e “A casa de açaí: material de construção à base de caroço de açaí como alternativa segura, sustentável e acessível às comunidades da periferia amazônica de MOJU – PA.”

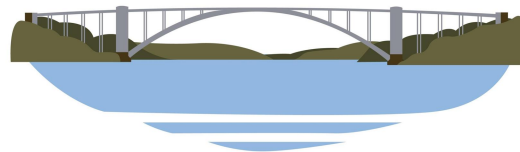
Por fim, feitas estas colocações, retoma-se que a caracterização exploratória proposta nesta pesquisa mantém em vista as possibilidades de emprego na área da construção civil e tem suas investigações iniciais focadas em dois âmbitos: na estimativa de geração de resíduo pelas batedeiras locais de cidades pequenas e médias, tomando como estudo de caso a área urbana do município de Moju; e no estudo geométrico e morfológico do caroço e das fibras para identificação de singularidades no seu manuseio e levantamento de diretrizes de possibilidades de emprego do material. Essas duas etapas visam potencializar o aproveitamento do resíduo in natura em aplicações de baixo custo, baixa complexidade de produção, baixo impacto ambiental, em especial com aplicações para a construção civil amplamente acessíveis pela população, integradas idealmente a técnicas vernaculares de construção da região amazônica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Como explicado anteriormente, a pesquisa é exploratória, voltada ao estudo do resíduo da produção artesanal de vinho de açaí e ao estudo inicial de características desse resíduo (caroço e fibras). A aproximação deste contexto fornecerá subsídios para a seleção de soluções viáveis de reaproveitamento do resíduo. A metodologia combina abordagem qualitativa e quantitativa, procedimentos de levantamento em campo e procedimentos experimentais em laboratório.

Da geração do resíduo de açaí

O levantamento de campo objetivou a caracterização da origem dos frutos, do consumo de açaí, do destino e da geração do resíduo pelas batedeiras, essencial para verificação da hipótese de produção volumosa do resíduo, que somente foi possível graças ao envolvimento da comunidade com o projeto. Em 2020 foram contactados 88 proprietários de pontos de venda que correspondiam, à época, a 82% dos estabelecimentos cadastrados para venda de vinho de açaí no perímetro urbano de Moju, município localizado na região nordeste do estado do Pará com população urbana estimada de 30.263 habitantes em 2021 (INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA, 2023). Tal projeção é resultado da estimativa populacional feita pelo IBGE para o município em 2021 (84.251 habitantes) proporcionalizada à divisão entre população urbana e rural do censo de 2010 (35,92% população urbana e 64,08% população rural). Foram realizadas entrevistas semiestruturadas e visitas aos estabelecimentos, com objetivo de criar um parâmetro de relação entre a geração de resíduos proporcional à produção do vinho de açaí dos estabelecimentos. Ao longo dos levantamentos, com base nos relatos dos proprietários, confirmou-se que o parâmetro mais adequado para comparação seria a relação mássica entre o resíduo seco e o fruto in natura.



Da caracterização do resíduo de açaí

Como primeira base de comparação do parâmetro supracitado foram realizados ensaios em laboratório para a determinação da relação mássica do resíduo e do fruto in natura nas condições reais de beneficiamento nas bateadeiras, além da relação mássica das fibras e do resíduo (fibras + caroço). Características geométricas e morfologia das fibras e do caroço foram determinadas com auxílio de instrumentos de medição e observações ao microscópio óptico. Características gerais do resíduo tais como impurezas, infestação por microorganismos e manuseabilidade foram analisadas qualitativamente.

A massa específica (das fibras e do caroço) foi determinada por meio de dois métodos descritos a seguir: frasco de Chapman e picnometria por intrusão de gás hélio (He).

Método do frasco de Chapman

Trata-se de um método adaptado que utiliza o frasco de Chapman, descrito por Picanço (2005, p. 46 e 50) e Pimentel et al (2016), aplicável a fibras naturais de resíduos agroindustriais. O método viabiliza a determinação da massa específica separadamente, da fibra e da semente.

A massa específica é dada pela razão da massa do material saturado com superfície seca ao ar (SSA) e o volume deslocado pelo material introduzido no frasco. Geralmente o volume deslocado é dado pela subtração do volume inicial de água no tubo de Chapman (200 cm³) do volume final (nível final da água). Na adaptação feita o volume inicial de água diferente dos 200cm³, o que se deve à necessidade de usar um grande volume de material (fibra e/ou semente) para que o deslocamento do nível da água alcance a escala do tubo para a leitura do nível final. A massa específica, de acordo com o referido método adaptado, é obtida por meio da Equação 1.

$$\text{Massa específica da semente sem fibra } (\gamma) \left[\frac{g}{cm^3} \right] = \frac{m_{fi}}{\Delta L} \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

m_{fi} = massa fibra seca (g);

ΔL = variação entre a leitura inicial e leitura final no nível de água no frasco (cm³);

Método da picnometria por intrusão de gás hélio (He)

Trata-se de um método de maior acurácia, realizado em laboratório especializado, com dez determinações por amostra. Foram determinadas as massas específicas da semente inteira, da semente pulverizada (em moinho planetário) e da fibra. As amostras foram secas em estufa (60°C) por 12 horas; em seguida coladas no picnômetro da marca Micromeritics, modelo AccuPyc II 1340, sendo submetidas a 10 ciclos de purga. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

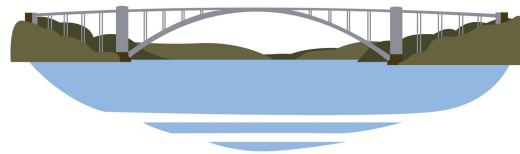
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da geração do resíduo de açaí

O levantamento foi realizado no período do “início de safra” (julho e agosto/2020), que tem produção diferenciada e se caracteriza como período de transição. Segundo os declarantes, o açaí comercializado em Moju é do tipo Euterpe oleracea, oriundo do extrativismo ou de plantações. Os entrevistados informaram que uma rasa de frutos in natura gera, na média, uma saca de resíduo seco. A massa da saca com resíduo seco foi medida no local de descarte, resultando valor médio de 19,6 kg. Nesta pesquisa estima-se que cada rasa de 28 kg de frutos corresponda a uma saca de resíduos secos com massa de 19,6 kg; disso resulta relação mássica de 0,70 do caroço seco/fruto.

A estimativa de resíduo gerado diariamente variou entre 7,6 t na entressafra até 23,9 t na safra, o que resulta em produção mensal de 141 t e 375 t de resíduo, respectivamente. Juntamente com as informações disponíveis na plataforma do IBGE 2021, que apontam Ananindeua possuir 540.410 habitantes, os dados permitiram estimar uma produção anual de resíduos em Moju de, aproximadamente, 5.120 t, valor compatível com a estimativa de 32.396 t, com base em Menezes (2018), de resíduos gerados nas bateadeiras de Ananindeua no ano de 2018, município da região metropolitana de Belém, com população estimada em 540.410 habitantes para 2021.

Considerando-se somente a população urbana do município de Moju, encontra-se que a estimativa de geração de resíduo per capita atinge valores de 0,46 kg/habitante/dia, consideravelmente maior do que a estimativa para Ananindeua em 0,16 kg/habitante/dia, porém, levando em consideração que o levantamento da geração de resíduos em Ananindeua foi parcial (contabilizando apenas o resíduo coletado) os resultados diretamente comparáveis podem ser considerados subestimados. Esses valores ganham expressão por serem da mesma ordem de grandeza do valor médio per capita de resíduo de construção e demolição (RCD) 0,259 kg/habitante/dia, coletado pelos serviços de limpeza dos municípios da região Norte do país; dados foram apurados no ano de 2018 pela Abrelpe (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2021).



Da caracterização do resíduo de açaí

Os ensaios foram realizados com amostras coletadas de uma bateadeira que representa o resíduo gerado em condições reais de operação desses estabelecimentos no início do período de safra. A partir de seis medições feitas com parte da amostra coletada, a relação média da massa seca do resíduo e do fruto in natura resultou 0,71 g/g. A relação entre a massa seca de fibras e a massa total do resíduo (fibras + caroço) foi de 0,046 g/g, a partir de medidas feitas em duplicata, com 60 medidas para cada determinação.

As observações mostraram que os caroços, com e sem fibras, têm dimensões da ordem 1,5 e 1,0 cm, respectivamente. As fibras têm formatos variados, podem ser usadas isoladas ou em feixes, e têm comprimento médio variando entre 1,5 e 2,0 cm (Figura 3).

A Tabela 1 traz os resultados dos ensaios de determinação da massa específica do resíduo.

O manuseio permitiu observar que o teor de umidade do resíduo é elevado e o material deve ser seco em estufa, ou submetido à fervura em água, para evitar o surgimento de bolor e inibir o poder germinativo dos caroços. A infestação por insetos deve ser controlada por meio da higienização e secagem. Testes expeditos com o uso de cal hidratada reduziram potencialmente o surgimento de bolor e inibiu a germinação do caroço. O manuseio das sementes secas, embora não seja prejudicial ao operador, provocou o desprendimento e a perda de grande parte das fibras.

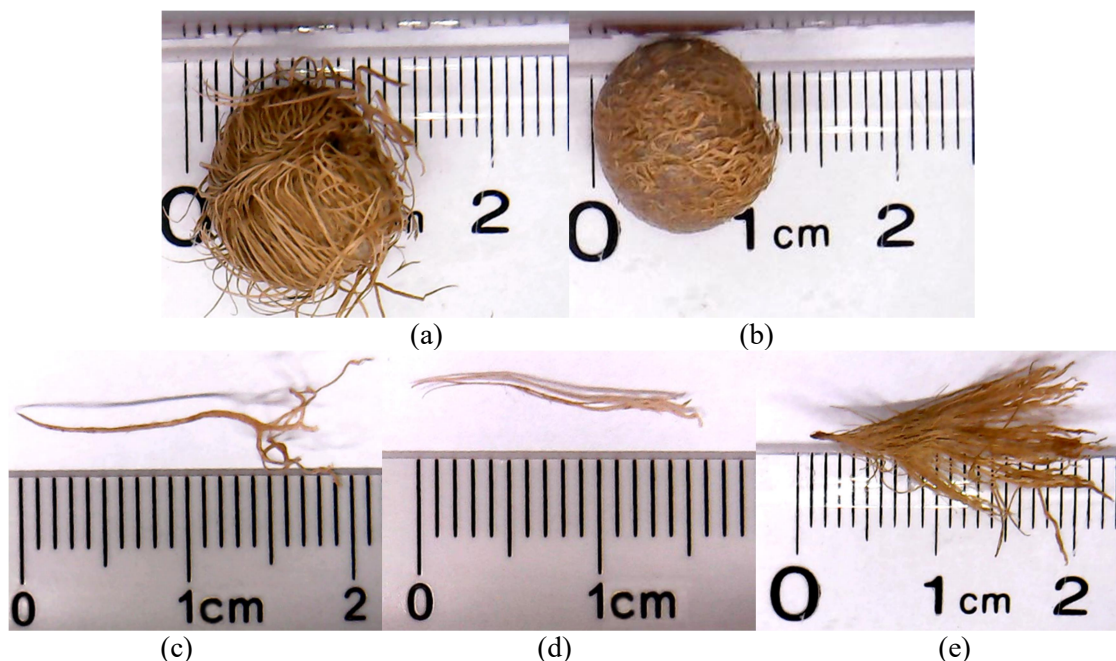


Figura 3 (a) semente de açaí com fibras. (b) semente de açaí sem fibras. (c), (d) e (e) fibras do açaí. Fotos: Claudia Oliveira, 2020.

Tabela 1 Comparação dos resultados da massa específica do resíduo determinada por vários métodos.

Método	Material	Massa específica (g/cm ³)	Observação
Frasco de Chapman	Semente inteira	1,25	Uma única determinação. Necessidade de adaptação do nível de água de referência do método original.
	Fibra	1,38	
Picnometria por intrusão de gás hélio	Semente inteira	1,38	Dez determinações. Ensaios com menor incerteza, feitos em laboratório especializado
	Semente pulverizada	1,40	
	Fibra	1,50	

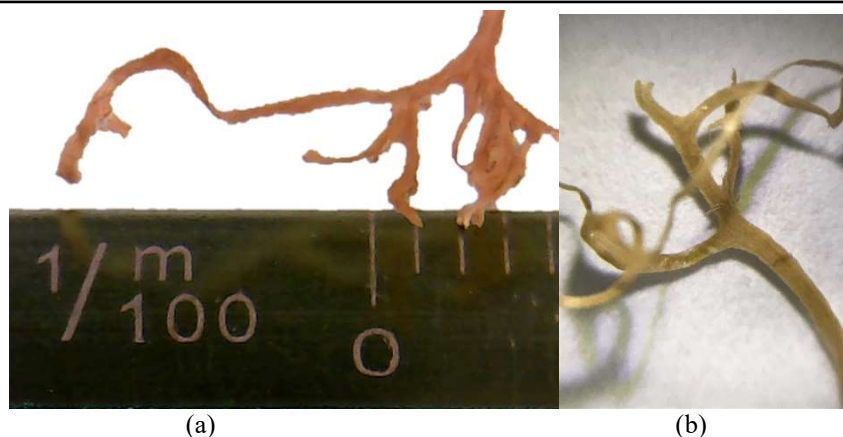


Figura 4 (a) e (b) Fibra vista com lente de aumento. Fotos: Claudia Oliveira, 2020.

Tabela 2 Resultados da determinação da massa específica da mistura solo:cal:sementes:água (1:0,05:0,10:0,30).

Corpo de prova	Massa úmida (g)	Massa específica úmida (g/cm^3)	Massa seca (g)	Perda de água (g)	Teor de umidade na mistura (%)	Massa específica seca (g/cm^3)
A3	305,56	1,56	304,29	1,27	0,42	1,55
B3	297,34	1,51	288,67	8,67	3,00	1,47
C3	308,93	1,57	297,55	11,38	3,82	1,52
		1,55			2,42	1,51

O resultado ($1,51 \text{ g}/\text{cm}^3$), à semelhança do que foi exposto no item 3.1.4, também não pode ser diretamente cotejado à massa específica do solo sem adição, para estimativa da redução proporcionada pelas sementes, porque as energias de compactação diferem.

No entanto, o resultado obtido pode ser comparado às massas específicas de materiais convencionais de construção como, por exemplo, uma parede de blocos cerâmicos vazados sem função estrutural, com espessura de 14 cm, revestida com argamassa com espessura de 1cm em ambas as faces. Em valores aproximados, uma parede produzida com a mistura testada teria peso específico de $15,1 \text{ kN}/\text{m}^3$, enquanto a parede de alvenaria de referência, a partir de valores normatizados em ABNT NBR 6120 (ABNT, 2019), tem peso específico de $14,85 \text{ kN}/\text{m}^3$.

CONCLUSÕES

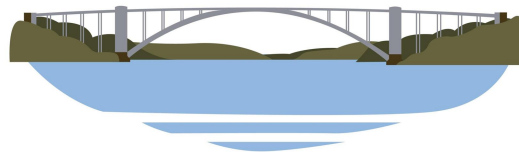
A relação mássica entre resíduo seco e o fruto in natura, segundo resultados obtidos em campo e em laboratório para amostragem do início da safra, é, respectivamente, de $0,70 \text{ g}/\text{g}$ e $0,71 \text{ g}/\text{g}$. Isto significa que na produção do vinho de açaí mais que o dobro de massa do fruto está sendo gerado em forma de resíduo. Esta proporção é mais uma justificativa para a extensa investigação em busca do aproveitamento deste resíduo de uma cadeia produtiva em crescimento.

A geração de resíduo inferida atinge $0,482 \text{ kg}/\text{habitante}/\text{dia}$. O valor ganha expressão por ser 80% superior ao valor médio per capita de resíduo de construção e demolição (RCD) $0,266 \text{ kg}/\text{habitante}/\text{dia}$, coletado pelos serviços de limpeza dos municípios da região Norte do país em 2020 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2021, p.25). Logo após o processamento do fruto, o resíduo requer tratamento de retirada do excesso do endocarpo e secagem, antes de ser encaminhado à reciclagem.

O método do frasco de Chapman não foi adequado para a determinação da massa específica do resíduo em estudo. Dados publicados sobre a caracterização do resíduo do açaí ainda são escassos, mas os resultados obtidos por meio da picnometria por intrusão de gás hélio viabilizou a determinação de valores com maior confiabilidade e que são coerentes com resultados de outros pesquisadores (BARBOSA et al, 2019; MESQUITA, 2013, p. 96).

O emprego das fibras isoladamente requer grande quantidade de resíduo em razão do baixo rendimento da fibra. O desprendimento de fibras e a incorporação de ar são difíceis de serem controlados. Portanto, considerando aplicações de baixo custo, os melhores resultados são obtidos com a incorporação do resíduo isoladamente (fibras ou caroços) e em meio alcalino (matrizes cerâmicas comumente usadas na construção civil tais como argamassa, concreto, terra crua estabilizada quimicamente).

Com relação à hipótese de que os caroços de açaí podem ser aproveitados pela indústria da construção, os resultados da presente pesquisa são favoráveis e merecem investigação subsequentes dentro das seguintes diretrizes:



1. Os caroços são mais leves do que terra crua, concreto e argamassa, o que anima a investigações para emprego dos caroços incorporados na massa de preenchimento de painéis de vedação para aliviar o peso destes, desde que observadas os processos de inibição da germinação das sementes, comentadas a seguir;

2. Os caroços são fibrosos e não se desprendem de suas fibras tão facilmente, criando assim uma interessante possibilidade de integração física entre os caroços e a massa de mistura homogênea a qual esteja incorporado por meio do envolvimento das fibras pela massa, assim possibilitando a criação de uma mistura razoavelmente íntegra. Isto pode colaborar, por exemplo, com a criação de um material de preenchimento de painéis de vedação com terra crua e caroços de açaí atuando no controle do surgimento de fissuras, enfrentamento comum a toda construção em terra crua;

3. As fibras possuem comprimentos razoavelmente homogêneos e ampla diversidade de ramificação, conhecimento já observado e explorado em pesquisas de utilização das fibras como material de liga, como ecopainéis de fibras do açaí com resina poliuretana de óleo de mamona de Antonio Mesquita (2013);

A saber, quanto às propostas de incorporação do caroço de açaí em componentes de terra crua, considera-se que o aproveitamento da semente in natura como agregado da terra é viável por várias razões, entre elas a possibilidade de inibir a sua germinação com tratamentos relativamente simples:

- Conforme trabalho de Barbosa et al (2019): caroços passaram por um processo de secagem em estufa, à temperatura de 100 °C, durante 24 horas (LEÃO et al, 2011), visando à perda de umidade e do poder germinativo (MORAES et al, 2011);
- Oliveira; Carvalho; Nascimento (2000) constataram que “[...] quando o grau de umidade é reduzido para valor em torno de 14 % as sementes perdem completamente a capacidade de germinação”;
- Bovi e Cardoso (1976) verificaram experimentalmente que a semente tratada com ácido sulfúrico (75%) por 10 min, praticamente, inibiu a germinação das sementes; além disso, os autores também constataram que o tratamento com água quente ($\pm 80^{\circ}\text{C}$) também se mostrou prejudicial, resultando na germinação de apenas 9% das sementes tratadas;
- Souza (2013, p. 44) adotou um método para “impedir” a possível germinação do fruto: fervura em água durante 30 minutos; o autor usou a espécie *Euterpe precatoria* que, de acordo com Ferreira et al (2010), tem sementes com elevado poder de germinação.

Nas figuras a seguir (Figura 5), é possível identificar a proliferação de fungos quando a semente não é adequadamente tratada ou submetida a ambientes propícios (não alcalinos) em testes feitos em laboratório.



Figura 5 Testes de incorporação da semente em mistura de terra, água e cal (à esquerda) e apenas terra e água (à direita). Foto: Claudia Oliveira, 2020.

A saber, vale a pena compartilhar que, durante as pesquisas de campo em Moju, foi identificado outro resíduo gerado localmente: peças de madeira, subprodutos de marcenarias locais, descartados em dimensões razoavelmente homogêneas, que poderiam ser utilizadas de maneira combinada com o resíduo da cadeia do açaí para produção de componentes construtivos na mesma chave de conversão de resíduos locais em matéria prima para a indústria da construção. Foi observado que parte dessas peças residuais é utilizada pela população para construção de cercas aos limites das propriedades, desperdiçando assim o potencial material e estrutural da madeira.

Por fim, reiteramos para futuras pesquisas no ramo que é importante manter em mente as características do processo de geração deste resíduo, pois elas determinarão quais práticas de aproveitamento do resíduo serão bem sucedidas: 1. A geração de caroços acompanha o ritmo de produção do açaí, ou seja, é maior no período de safra e menor no período entre-safra; 2. O lucro adquirido pela bateadeira apresenta alguma influência quanto ao destino de descarte do resíduo gerado pela mesma, como observado por MIRANDA (2022); 3. A geração de caroços é heterogênea e difusa no território, sendo produzida tanto em centros urbanos de diversos portes, como em comunidades quilombolas e ribeirinhas.

Esta última colocação sugere que, nos diferentes ambientes e condições sócio-econômicas existentes no território amazônica, diferentes serão as alternativas de emprego do caroço açaí que farão sentido serem adotadas pela população



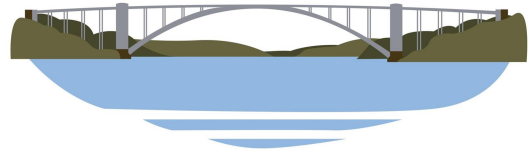
e mercado local. Esta gama de situações justifica a continuação das pesquisas em busca da criação de alternativas de emprego do resíduo da cadeia do açaí, a fim de encontrar soluções ambiental e socialmente sustentáveis, financeira e territorialmente acessíveis, tecnicamente de fácil produção, adequados às condições climáticas e geológicas locais e capazes de responder às necessidades dinâmicas das diferentes populações do território amazônico.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Beatriz Cintra, à Francielly Barbosa, à professora Danielly Pereira, à Jéssica Andrade, à Susan Chou, à Dona Dica, e a todos que nos acolheram e nos acompanharam durante nossas investigações em Moju e Jupuubinha.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, A. V. C.; MELO, I. M.; PINHEIRO, I. S.; FREITAS, J. F.; MELO, A. C. S.; Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa. *GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Bauru, Ano 12, nº 3, jul-set/2017, p. 59-83. DOI: 10.15675/gepros.v12i3.1668.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: Abrelpe, 2021, 54 p.
3. BARBOSA, Andrezza de Melo et al. Caracterização de partículas de açaí visando seu potencial uso na construção civil. **Matéria** (Rio J.), Rio de Janeiro, v.24, n.3, e12435, 2019. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762019000300347&lng=en&nrm=iso>. Access on 01 Sept. 2020.
4. BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Brasília: **Diário Oficial da União**, 03 ago 2010, p. 2.
5. CARNEIRO, Alex Pires; CASSA, José Clodoaldo Silva; BRUM, Irineu Antônio Schadach. Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.
6. EHRINGHAUS, C, coord. **Oportunidades de Apoio a Atividades Produtivas Sustentáveis na Amazônia: Subsídios para debate**. Documento de subsídio elaborado no âmbito do Projeto “Cooperação com o Fundo Amazônia/BNDES” pela Cooperação Alemã de Desenvolvimento Sustentável, representada pela Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Brasília, dez. 2012.
7. INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTATÍSTICA E GEOGRAFIA. **Metadados. Estimativa da população**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/opulacao/9103-estimativas-de-populacao.html?edicao=28674&t=outros-links>. Acesso em 18 mar 2023.
8. MENEZES, G. K. A. et al. **Gestão dos resíduos de caroços de açaí como instrumento de desenvolvimento local: o caso do município de Ananindeua-PA**. In: Congresso Brasileiro de Gestão, II. 2018. Anais... Ananindeua: UNAMA, Belém, 2018, p. 468-477.
9. MESQUITA, A. de L. **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (Euterpe oleracea MART.) da Amazônia para produção de ecopainel de partículas de média densidade (MDP)**. 2013. 149 f. Tese (Doutorado) – Faculdade Engenharia Química – Instituto de Tecnologia – Universidade Federal do Pará. Belém, 2013.
10. MIRANDA, L. de V. A.; MOCHIUTTI, S.; CUNHA, A. C. da; CUNHA, H. F. A. **Descarte e destino final de caroços de açaí na Amazônia Oriental - Brasil**. Artigo publicado em “Ambiente e Sociedade”. São Paulo, Vol. 25, 2022. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc2020138r2vu2022L2AO>.
11. PIMENTEL, M. G. et al. Resposta à flexão e análise de tenacidade de argamassas reforçadas com fibra de Curauá. **Revista Matéria**, v.21, n.1, 2016, p. 18 – 26.
12. RIBEIRO, E. A. dos S. **Sistemas produtivos, disponibilidade de biomassa e atributos energéticos de caroço de açaí e resíduos de serrarias familiares, em várzea estuarina do rio Amazonas**. 2017, 93 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBIO). Universidade Federal do Amapá. 2017.
13. SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **A atividade madeireira na Amazônia brasileira: produção, receita e mercados**. Belém, PA: Serviço Florestal Brasileiro (SFB); Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), 2010.



14. SOUZA, Reginaldo J. Q. de. **Validação tecnológica do caroço do fruto do açaí como material alternativo na pavimentação de baixo volume de tráfego.** 2013, 108 f. Dissertação (Mestrado). Manaus. Engenharia de Recursos da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, 2013.
15. TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O.; de Menezes, A. J. E. A.; PALHETA. M. P. **Análise da produção e comercialização de açaí no Estado do Pará, Brasil.** In: International Journal of Development Research. Vol. 10, Issue 04, pp. 35215-35221, April, 2020.