ISSN 2525-4812 (versão on-line)
ISSN 2238-7641 (versão impressa)
http://www.revistaterceiramargem.com/index.php/terceiramargem/index

Recebido em: 27/4/2023
Aceito em:25/5/2023
Período de publicação: 2023

Revista Terceira Margem Amazônia
(v. 9 • n. 21 • 2023)

Como citar o artigo:

MEDEIROS, S. H. da S.; NASCIMENTO, C. C. do; ARAÚJO, R. D. de; FREITAS, J. A. de. Mecanismo para uso sustentável da floresta: resíduos florestais. **Revista Terceira Margem Amazônia**, v. 9, n. 21, p. 131-149, 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.36882/2525-4812.2023v9i21.p131-149.

MECANISMO PARA USO SUSTENTÁVEL DA FLORESTA

RESÍDUOS FLORESTAIS

Suzana Helen da Silva Medeiros[1]
Claudete Catanhede do Nascimento[2]
Roberto Daniel de Araújo[3]
Jorge Alves de Freitas[4]

Resumo: Para que o manejo florestal seja sustentável é necessária a adoção de novas técnicas para a diminuição de resíduos florestais. A pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial tecnológico das madeiras de tora oca na produção de artefatos. Elas foram avaliadas e selecionadas para o processamento mecânico e desenvolvimento de produtos com base na economia circular e sustentabilidade da floresta, em parceria colaborativa com profissionais do segmento da indústria da madeira para conscientização da importância do uso dessa matéria-prima. O aproveitamento de toras ocas mostrou ser uma excelente opção para inserção social com baixo impacto ambiental, sem derrubar as árvores, com produtos diversificados, com alto valor agregado.

Palavras-chave: manejo florestal, árvores ocas, tecnologia social, viabilidade econômica.

[1] Engenheira florestal, mestre em Ciências Florestais e Ambientais, agente de atendimento do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).G
E-mail: suzanamedeiros93@gmail.com
https://orcid.org/https:/0000-0001-8581-2232

[2] Tecnologista em Tecnologia da Madeira, doutora em Ciências Biológicas, professora nos cursos de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Design da Universidade Federal do Amazonas (Ufam), pesquisadora titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia(Inpa), Manaus, AM.
E-mail: catanhed@inpa.gov.br
https://orcid.org/0000-0001-7048-3720

[3] Arquiteto e urbanista, doutor em Ciências de Florestas Tropicais, servidor do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM.
E-mail: rdaniel@inpa.gov.br
https://orcid.org/0000-0002-9653-305X

[4] Tecnólogo florestal, especialista em Agente de Inovação Tecnológica, tecnologista sênior do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), Manaus, AM.
E-mail: jorginho@inpa.gov.br
https://orcid.org/0000-0002-9899-2591

MECHANISM FOR SUSTAINABLE FOREST USE: FORESTRY RESIDUES

Abstract: For forest management to be sustainable, it is necessary to adopt new techniques to reduce forest residues. The research aimed to evaluate the technological potential of hollow logs in the production of artifacts. They were evaluated and selected for mechanical processing and product development based on the circular economy and sustainability of the forest, in collaborative partnership with professionals from the wood industry to raise awareness of the importance of using this raw material. The use of hollow logs proved to be an excellent option for social inclusion with low environmental impact without cutting down trees with diversified products with high added value.

Keywords: forest management, hollow logs, social technology, economic viability.

Introdução

A exploração madeireira pode ser uma das principais rendas econômicas dos estados da região amazônica. Barros e Veríssimo (2002) afirmam que os resultados atraentes em termos econômicos não refletem os reais impactos ecológicos da exploração sobre o recurso florestal. Isso ocorre devido ao pouco desenvolvimento tecnológico e à falta de alternativas sustentáveis criadas ao longo da trajetória de exploração florestal na Amazônia. No entanto, Braz *et al.* (2014) elucidam a necessidade das atividades de sustentabilidade no manejo florestal, no qual deve haver maior planejamento e avaliação do potencial da utilização racional e eficiente dos recursos florestais.

O rendimento no processamento das toras na serraria é uma importante questão que tem relação intrínseca com a sustentabilidade na utilização dos recursos florestais (Danielli *et al.*, 2016), o rendimento volumétrico das madeiras da Amazônia após processamento mecânico tem apresentado valores inferiores a 40%.

No entanto, a própria resolução do Conama nº 474 de 2016 estabelece um baixo rendimento volumétrico, permitindo a venda de apenas 35% do volume registrado no sistema DOF (Farias, 2016), ou seja, essa porcentagem de 35% refere-se ao Coeficiente de Rendimento Volumétrico (CRV) para transformações das matérias-primas de tora em madeira serrada. Assim, além do desenvolvimento tecnológico no processo de desdobro da madeira, devem existir alternativas sustentáveis, visando a sua máxima utilização.

A partir do aumento constante do desmatamento na região, soluções são frequentemente criadas visando combater e diminuir o desmatamento ilegal na Amazônia. Dentre as soluções, destaca-se a importância do manejo florestal sustentável que, de acordo com Braz *et al.* (2014), possui o dever de combater a exploração irracional e ilegal da madeira, além de fomentar estratégias de desenvolvimento. No entanto, a exploração de florestas nativas se torna uma atividade imprecisa quanto às condições da matéria-prima, já que o meio ambiente se encarrega de alterações ecológicas contínuas, imprimindo características aos indivíduos florestais, que para os interesses industriais, não se tornam viáveis economicamente.

Entre essas característica é comum a ocorrência do corte de árvores ocas. Isso porque a técnica popularmente conhecida como "teste do oco" encontra-se defasada para distinguir com precisão a ocorrência de ocosidade na árvore (Eleutério, 2011). Essa identificação é feita somente

na base do fuste do indivíduo arbóreo, excluída erroneamente a possibilidade de a ocosidade estar presente ao longo do fuste.

Em pesquisas realizadas com espécies florestais por Medeiros *et al.* (2021), observou-se que, para cada 23,5 mil espécies arbóreas inventariadas em áreas de manejo, cerca de 6,2% (aproximadamente 1,5 mil árvores) possuem oco no fuste. Os autores enfatizam a importância da citação de árvores ocas em legislações, tanto ao que rege sobre as metodologias apropriadas sobre identificação destas em campo como também ao modo de aproveitamento volumétrico nas serrarias, a fim de certificar a sustentabilidade para a atividade, independentemente do aspecto estrutural dos indivíduos florestais.

O desenvolvimento sustentável é constituído da interação entre aspecto social, ambiental e econômico, para se ter soluções sociais, ambientais e economicamente viáveis, atendendo às necessidades atuais, sem comprometer a possibilidade de acesso aos bens e recursos pelas gerações futuras (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, 1988).

Existe pouca literatura que justifique de forma clara a exploração ou não de árvores que possuam tal deformidade para a produção de madeira serrada, sendo o seu corte bastante questionável, tanto do ponto de vista ecológico como econômico. Porém uma ação interdisciplinar para conscientização do uso sustentável dessa matéria-prima, associada ao conhecimento da tecnologia da madeira por profissionais do segmento da indústria da madeira, pode ser um vetor importante para gerar subsídios que suportem o uso dessa matéria-prima.

Buscando o uso sustentável da floresta, a pesquisa em questão teve como objetivo mostrar a viabilidade da utilização da madeira proveniente de tora oca de área de manejo, com emprego de conhecimento da tecnologia na produção de produtos com base na sustentabilidade.

Desenvolvimento da Pesquisa

A pesquisa foi realizada na empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda., conhecida como Precious Woods Amazon (PWA), situada no município de Itacoatiara, e com profissionais do segmento da indústria da madeira na cidade de Manaus e município de Manacapuru, para viabilidade e conscientização do uso das madeiras provenientes de árvores ocas.

Diagnóstico de toras ocas

As toras ocas dispostas no pátio da serraria foram identificadas pelo nome comercial e científico de acordo com banco de informações da empresa, como também registros fotográficos para evidenciar ocosidade, intensidade de degradação, tipos e formas nos quais o oco surge na árvore e medição do diâmetro do oco (altura e largura).

Cubagem, desdobro e coeficiente de rendimento volumétrico das toras selecionadas para execução da pesquisa

Após o diagnóstico foram selecionadas duas toras da espécie denominada muiracatiara, conforme a sua disponibilidade no pátio e concessão da empresa para a contribuição nesta pes-

quisa. As toras foram transportadas para o Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira (Leam) da Coordenação de Tecnologia e Inovação (Cotei). O cálculo do volume real da tora foi realizado pelo método de Smalian (Equação 1), estimando o volume de madeira da tora com casca e do seu oco. O volume do oco de cada tora também foi calculado pela mesma equação.

$$Vt = \frac{\left(\frac{n*D_1^{\,2}}{40.000}\right) + \left(\frac{n*D_2^{\,2}}{40.000}\right) * L}{2} \qquad \text{Equação 1}$$

em que

Vt = volume da tora com casca (m^3).

D_1 = diâmetro da seção 1.

D_2 = diâmetro da seção.

L = comprimento da seção

O desdobro foi realizado por meio do corte tangencial aos raios da madeira, considerando o design do oco de cada tora (Figura 1), para obter maior rendimento da madeira.

Figura 1. Marcação da tora para obtenção das peças.



Fonte: Autores (2022).

O coeficiente de rendimento volumétrico (CRV) foi calculado pela razão entre o volume de madeira serrada e o volume real da tora, dado pela Equação 2.

$$R(\%) = \frac{V_{ms}}{V_t} * 100 \qquad \text{Equação 2}$$

em que

R (%) = rendimento percentual.

V_{ms} = Volume em madeira serrada (m^3).

V_t = Volume real da tora (m^3).

As peças foram empilhadas para secar ao ar livre em local com baixa luminosidade até que fossem firmadas as parcerias para confecção dos produtos.

Parceria colaborativa para desenvolvimento dos produtos

As peças de madeira obtidas no processo de desdobro foram direcionadas à produção de produtos. No entanto, para que se pudesse realizar a escolha dos produtos a serem desenvolvidos, foi feito um primeiro contato com alguns produtores de artefatos de madeira do estado do Amazonas para apresentação do projeto e conscientizá-los da importância de utilizar resíduos florestais para obter produtos com base na sustentabilidade preservando a floresta em pé e de eles gerarem produtos com madeiras provenientes de toras ocas processadas nessa pesquisa.

Entre os segmentos do projeto para confecção dos produtos, foram escolhidos aqueles que se fazem presentes significativamente no mercado atual da região amazônica, como: móveis, instrumentos musicais e artigos decorativos. Cada produtor foi escolhido conforme a sua especialidade de produção em produtos e artefatos de madeira, visando a alta diversidade no resultado final da pesquisa. Entre os especialistas, além da contribuição de microempresários, houve a colaboração de um Designer.

Um dos microempresários (marceneiro) reside no município de Manacapuru, trabalha com móveis e artigos decorativos utilizando madeira maciça ou com técnicas de marchetaria. Apesar de possuir uma produção certificada como pequeno empreendedor, seu local de produção apresenta forma artesanal com máquinas rústicas e de pequeno porte (Figura 2).

Para a escolha da confecção do produto foi realizado acompanhamento do trabalho na marcenaria, constatando os produtos existentes em estoque. Após essa etapa foram selecionados, juntamente com o microempresário, os produtos que fariam parte deste estudo, nos segmentos de movelaria, artigos de decoração e utensílios.

O luthier e a designer são da cidade de Manaus, realizam trabalhos voltados ao aproveitamento de resíduos provenientes do desdobro de madeira em serrarias, seus produtos possuem um planejamento minucioso, com moldes e medidas bem especificadas. O luthier optou pela confecção de fundo e lateral de instrumento de corda. Já à especialista em Design foi proposta a realização de um planejamento livre com detalhes de peças originais, visando enaltecer tanto a complexidade de seu trabalho como a valorização da madeira em estudo.

Figura 2. (A) serra fita; (B) máquina de tupia; (C) visualização da serraria de pequeno porte.



Fonte: Autores (2022).

Os produtos foram desenvolvidos de acordo com as especificações de cada especialista e confeccionados em seu local de trabalho. Ao término da produção, os produtos confeccionados foram disponibilizados ao projeto, no intuito de que suas medidas fossem mensuradas para estimar o volume de madeira final contido em cada produto. Concomitantemente a essas informações, avaliou-se o grau de satisfação dos especialistas, quando estes puderam expor suas opiniões quanto à utilização da madeira de tora oca.

Resultados e Discussão

Diagnóstico das espécies arbóreas com presença de oco

O diagnóstico consistiu no levantamento de toras no pátio da serraria da empresa, no qual foram identificadas 29 toras ocas com diversos tipos de formatos e intensidade de degradação no cerne da madeira. Algumas encontravam-se com a cavidade interna somente nas extremidades, enquanto, em outras, a cavidade percorria toda a extensão do fuste. A Figura 3 mostra alguns dos indivíduos ocos identificados no pátio.

As espécies com maior frequência de oco foram das espécies *Vatairea paraensis* (fava-amargosa), *Ocotea rubra* (louro-gamela), *Andira parviflora* (sucupira-vermelha) e *Enterolobium schomburgkii* (sucupira-amarela), com densidade média e alta.

As toras doadas para o desenvolvimento da proposta foram identificadas pelo nome comercial muiracatiara e científico *Astronium lecointei* Ducke, pertencente à família Anacardiaceae, possuíam fuste retilíneo com as camadas de cerne e alburno distintas, com ocosidade por toda sua extensão.

Desdobro e rendimento volumétrico das toras de madeira

O volume de madeira para as duas toras foi igual a 2,14 m³. As peças obtidas tiveram dimensionamentos médios de comprimento igual a 3 m com largura e espessura iguais a 20 cm e 5 cm, respectivamente. Muitas das peças, principalmente as próximas ao oco, apresentavam alto nível de degradação da madeira.

Constatou-se a presença de galerias de insetos em algumas peças da madeira, como mostrado na Figura 4. Essas galerias são desenvolvidas por besouros broqueadores, que, segundo Oliveira *et al.* (1986), utilizam a madeira para abrigo, reprodução e nutrição por meio de seus polímeros naturais que se tornam atrativos a esses insetos.

Apesar da deterioração ocasionada por organismos xilófagos, as peças de madeira apresentaram boa qualidade e bom aspecto para serem utilizadas em vários segmentos madeireiros. Visualmente as peças detinham uma coloração marrom-avermelhada no cerne, distinto do alburno, que apresentava uma coloração mais amarelada.

Figura 3. Imagens dos variados tipos e formatos de ocosidade nas toras de madeira.



Fonte: Autores (2022).

Figura 4. Demonstração das peças de madeira obtidas após o desdobro das toras, sendo destacados alguns defeitos ocasionados por organismos xilófagos.



Fonte: Autores (2022).

De acordo com o engenheiro da empresa, o desdobramento das toras ocas na empresa só é realizado mediante a largura do cerne a partir de 30 cm, medidas inferiores a essa são inviáveis economicamente para a empresa. As toras ocas não desdobradas são classificadas como resíduos florestais e direcionadas às caldeiras para serem utilizadas como combustível para a geração de energia.

Confecção dos produtos

Foi possível acompanhar o desenvolvimento de alguns dos produtos, determinando a volumetria e o rendimento final de madeira (Figuras 5 e 6) para cada produto. A seguir, foram descritas as atividades sobre o desenvolvimento de cada produto por especialista, no intuito de mostrar a viabilidade da utilização de madeira advinda de toras ocas. Na Figura 6 está ilustrado o processo produtivo dos produtos.

Para o microempresário da cidade de Manacapuru, AM, foram selecionados alguns produtos da marcenaria para serem reproduzidos com as madeiras provenientes de toras ocas com análise técnica da engenheira florestal e da designer em relação à tecnologia da madeira e ergonomia. Foram confeccionadas duas mesas retangulares, cinco cadeiras e três bancos. Esses

produtos foram desenvolvidos na serraria do próprio marceneiro para melhor conscientizá-lo do potencial de uso dessa madeira.

Figura 5. Seleção e dimensionamento das peças de madeira para o desenvolvimento dos produtos: (A) verificação do comprimento das peças; (B) corte da madeira com serra circular manual; (C) corte com serra circular de mesa.



Fonte: Autores (2022).

Figura 6. (A) furadeira horizontal para ligação espiga; (B) serra de mão para realização da ligação espiga; (C) estrutura da peça de madeira para o encaixe da ligação espiga; (D) encaixe entre as ligações; (E) perna da mesa em formato L; (F) ligações entre a perna e o esquadro da mesa.



Fonte: Autores (2022).

Mesa

O resultado da mesa retangular está demonstrado na Figura 7. Cada mesa retangular teve um volume de madeira igual a 0,0821 m³, sendo a volumetria total para as duas mesas igual a 0,1643 m³. Mostra-se assim que, com a confecção das duas mesas, foi utilizado cerca de 15,35% do total de madeira destinada a este especialista.

Figura 7. Mesa retangular.



Fonte: Autores (2022).

Cadeiras

As cadeiras foram idealizadas a partir de um modelo pronto, anteriormente confeccionado pelo marceneiro, contendo algumas modificações. Como a madeira era muito densa foi orientado fazer uma perfuração com brocas, devido à ocorrência de algumas rachaduras com a inserção direta do prego na madeira. Para o encosto, todas as junções das peças, assim como as ripas, foram apenas coladas com adesivo PVA. A Figura 8 ilustra o processo produtivo da cadeira ripada.

O resultado final das cadeiras ripadas pode ser visualizado na Figura 9, onde cada cadeira possuiu um volume total de madeira igual a 0,0127 m³. As cinco cadeiras tiveram um volume de 0,0634 m³, resultando em 6,34% do total de madeira disponibilizado ao especialista.

Banco

O modelo do banco de madeira escolhido para confecção foi criado pelo próprio marceneiro, que já o reproduzia sob encomenda em sua serraria. Para o desenvolvimento dos bancos, ele escolheu algumas peças de madeira deterioradas por besouros broqueadores, mostrando que, além de serem peças únicas, o produto ganha uma distinção e beleza diferenciada no setor moveleiro. Isso revelaa grande valorização dos produtos que normalmente são desprezados nas serrarias por possuírem tais "defeitos".

Foram utilizados parafusos para a ligação do assento e das pernas (Figura 10). A volumetria calculada para cada banco foi igual a 0,0070 m³, totalizando um volume de 0,0209 m³ de madeira para os três bancos confeccionados. Esse volume caracteriza um rendimento de 2,09%.

Figura 8. (A) tupia fazendo uma abertura de encaixe; (B) fresa realizando o arredondamento da borda da peça; (C) utilização de adesivo PVA; (D) confecção do esquadro e colocação das pernas; (E) perfuração com furadeira elétrica para colocação do prego; (F) perfuração com furadeira para colocação dos pregos nas ripas do assento; (G) moldando o encosto da cadeira; (H) curvatura da cadeira, feita com serra fita de mão; (I) utilização de pó de serra colados em cima da cabeça do prego.



Fonte: Autores (2022).



Figura 9. Cadeiras ripadas.

Fonte: Autores (2022).

Figura 10. Banco de madeira com presença de cavidades ocasionadas por organismos xilófagos.



Fonte: Autores (2022).

Charango

O segundo especialista que utilizou madeira deste projeto foi um luthier da cidade de Manaus, que confeccionou dois instrumentos regionais de corda, conhecidos popularmente como charango. Esse instrumento possui dez cordas, e originalmente era confeccionado com a carapaça de tatu, no entanto, devido a preocupações ambientais e questões de durabilidade, atualmente os charangos são feitos de madeira.

A madeira de *A. lecointei* Ducke utilizada neste projeto possui alta densidade, sendo empregada para compor as partes do corpo (fundo e lateral), braço e pala. As madeiras utilizadas para a parte do tampo e escala foram de baixa densidade, necessária para o alcance ideal da sonoridade do instrumento.

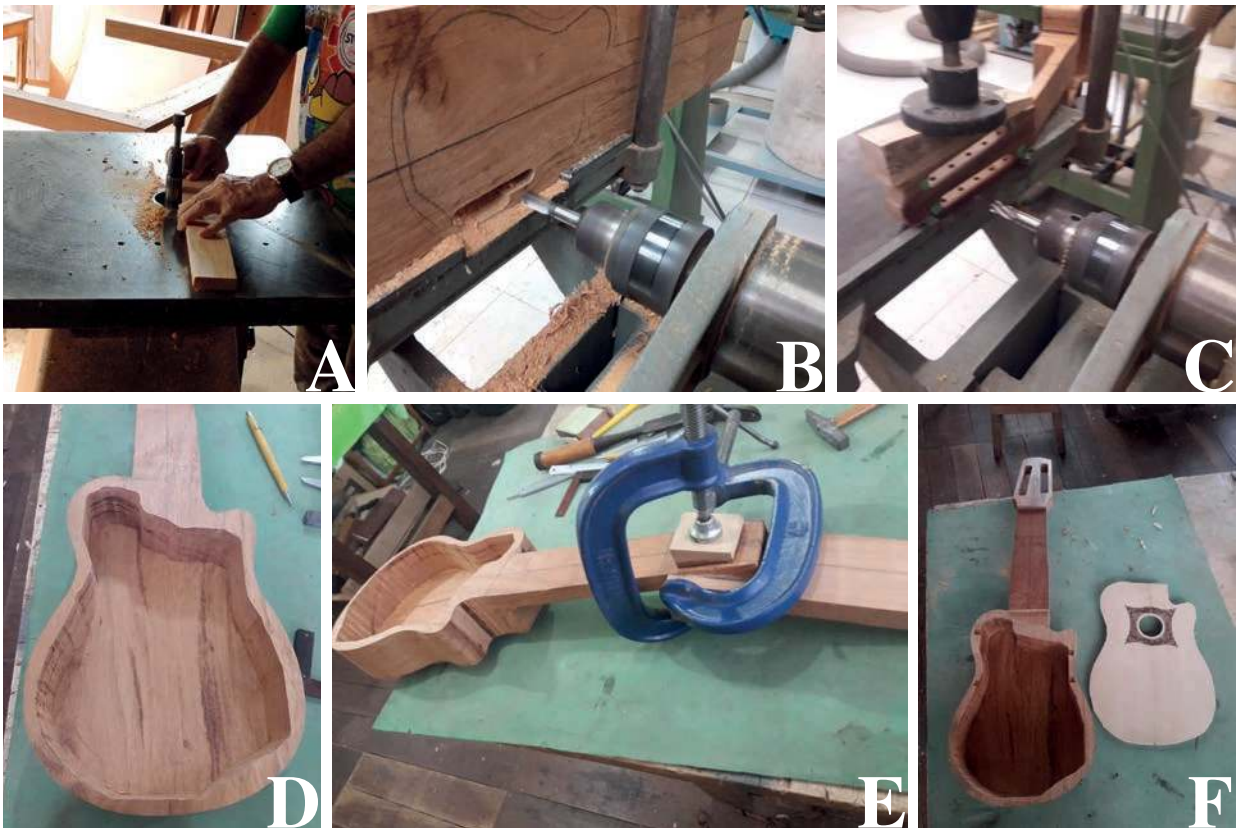
No desenvolvimento dos charangos utilizou-se o espaço físico do Laboratório de Engenharia e Artefatos de Madeira (Figura 11). Para a finalização, as peças foram lixadas e envernizadas (verniz PU bicomponente), recebendo um fino acabamento, resultando numa superfície lisa lustrosa, valorizando o produto.

Na Figura 11 visualizam-se os processos de desenvolvimento dos dois charangos, enquanto que na Figura 12 é possível visualizar o resultado final dos dois charangos.

O volume de madeira da espécie *A. lecointei* utilizada para cada instrumento foi igual a 0,06 m³, sendo o volume total para os dois charangos igual a 0,0068 m³. Esse volume equivale a 11,39% do volume total de madeira destinada ao especialista para a confecção dos dois instrumentos.

Em um dos charangos foi possível verificar a presença de uma cavidade feita por xilófagos, característica de um besouro broqueador. A cavidade foi revestida por uma resina incolor, que não teve qualquer tipo de influência na sonoridade do instrumento, mostrando assim que a madeira, mesmo não apresentando uma vitalidade que geralmente é exigida no mercado, pode integrar-se positivamente a várias áreas do setor madeireiro. Assim os principais aspectos que essa integração pode influenciar é no maior rendimento volumétrico de madeiras amazônicas, dar um diferencial aos produtos e a originalidade das peças de madeira que possuem tais características.

Figura 11. Processos de desenvolvimento dos instrumentos musicais: (A) peças sendo plainadas; (B) molde desenhado na peça de madeira, sendo esta preparada para o início da perfuração; (C) furadeira no final do braço do charango; (D) demonstração da caixa (fundo e lateral) após a perfuração; (E) encaixe do braço com a mão do violão sendo coladas com adesivo específico; (F) charango pronto para serem encaixadas as diferentes peças de madeiras.



Fonte: Autores (2022).

Figura 12. Charangos confeccionados a partir de madeira de toras ocas.



Fonte: Autores (2022).

Mesa triangular

O designer projetou uma mesa com seis lugares, a partir de desenhos com vistas gerais e perspectivas, com medidas e ângulos orientados. Com intuito estético, foi realizada marchetaria no tampo com madeira branca, conhecida popularmente como marupá (Figura 13).

Figura 13. Processo de confecção da mesa: (A) peças sendo processadas em serra circular; (B) colagem das peças de marchetaria para o tampo; (C) peça do tampo sendo redimensionada, conforme medidas projetadas; (D) furadeira horizontal realizando furo lateral para ligação das peças; (E) ligações do tipo espiga; (F) inclinação do corte nas peças da perna da mesa; (G) ligação para junção entre as peças da perna da mesa.



Fonte: Autores (2022).

Figura 14. Mesa triangular de seis lugares.



Fonte: Autores (2022).

Nas peças utilizadas para a confecção da mesa triangular (Figura 14) foram observadas a presença de algumas cavidades, possivelmente ocasionadas por insetos broqueadores. No entanto, essas cavidades não se tornaram um problema para a execução do produto, pois essas foram preenchidas com adesivo instantâneo e pó de serra, tornando-se assim imperceptíveis após a finalização do produto.

O volume disponibilizado para a confecção da mesa triangular foi igual a 0,1799 m³. Após a finalização do produto e obtenção das medidas, o volume calculado para a mesa triangular foi igual a 0,0542 m³, equivalente a 30,13% do valor inicial de madeira doada ao especialista.

Peças reaproveitadas

Figura 15. Molduras confeccionadas a partir da casca da árvore.



Fonte: Autores (2022).

Foram feitos dois tipos de produtos do reaproveitamento de peças de madeira. Um dos produtos foi confeccionado pelo marceneiro da cidade de Manacapuru, AM, reaproveitando a parte mais externa da madeira, a casca. Esse produto pode ser visualizado na Figura 15, e trata-se de quadro de parede com medidas de 20 cm x 24 cm e 14,5 cm x 81 cm.

O outro produto foi feito pelo luthier, reutilizando peças retiradas do tampo da mesa triangular, citada anteriormente. As peças foram retiradas da parte mais externa do tampo, com a marchetaria utilizada com a madeira branca utilizada no processo. O produto escolhido para a utilização das peças foi uma luminária de mesa, criada pelo luthier. O resultado final é demonstrado na Figura 16.

Figura 16. Luminária feita de peças reaproveitadas da mesa triangular, para seis lugares.



Fonte: Autores (2022).

A parceria colaborativa para desenvolvimento os produtos, entre marceneiro, luthier e designer, foi bastante positiva. Os produtos apresentaram alta qualidade e foram produzidos com êxito tendo como base a sustentabilidade e economia circular. Esse êxito foi garantido, principalmente pela aceitação dos profissionais dos vários segmentos da indústria da madeira em participar da pesquisa. Outro aspecto positivo foi a conscientização dos profissionais em relação ao uso da madeira proveniente de tora oca e a decisão de utilizá-la em suas produções.

Rendimento volumétrico

O coeficiente de rendimento volumétrico foi calculado a partir do volume das peças de cada produto produzido neste projeto, sendo estes detalhados de acordo com a Tabela 1.

No entanto, não foram utilizadas todas as peças de madeira provenientes das duas toras ocas, tendo um volume de aproximadamente 1 m³ de madeira em estoque. Isso se deu pela

grande proporção de peças desdobradas em perfeito estado qualitativo, como também peças aproveitadas com alto nível de degradação, já que o objetivo deste trabalho foi atingir o maior rendimento volumétrico possível.

Tabela 1. Resumo da volumetria dos produtos juntamente com o rendimento volumétrico realizado para cada especialista que contribuiu com o projeto.

Especialista	Produto	Quant. (u)	Vol. produto (m^3)	Vol. total (m^3)	CRV (%)
Marceneiro	Mesa de quatro lugares	2	0,0821	0,1643	24,86
	Cadeira ripada	5	0,0127	0,0634	
	Banco	3	0,0070	0,0209	
Luthier	Charango	2	0,0034	0,0068	11,39
Designer e luthier	Mesa para seis lugares	1	0,0542	0,0542	30,13

*Quant. = Quantidade de produto; Vol. = Volumetria; CRV = Coeficiente de Rendimento Volumétrico.

O especialista marceneiro não utilizou todas as peças disponíveis para elaboração dos produtos, sobrando uma única peça de madeira de aproximadamente 2 m de comprimento, 20 cm de largura e 10 cm de espessura, respectivamente. Notou-se ainda que a forma de trabalho na marcenaria foi realizada de forma artesanal, com a produção de móveis rústicos, que com a falta de planejamento gerou grande volume de resíduos e produtos com peças grossas e pesadas.

O luthier, com um volume inicial de 0,06 m^3 de madeira, obteve uma volumetria de 0,0068 m^3 para a confecção de dois instrumentos musicais, caracterizando um rendimento de 11,39%. Apesar de o rendimento do volume do instrumento ser baixo, resultou num produto de alta valoração no mercado.

Com relação à mesa projetada pela designer, de um volume igual a 0,1799 m^3 de madeira doada ao especialista, a volumetria final do produto foi de aproximadamente 0,0542 m^3, sendo o rendimento volumétrico igual a 30,13%. Esse foi o maior rendimento obtido a partir da volumetria dos produtos, já que foi realizado um planejamento prévio na confecção das peças da mesa, com medidas e ângulos projetados, resultando em menor desperdício de madeira. Além disso, o rendimento proveniente do volume inicial de madeira foi maior do que o citado anteriormente, já que foram reaproveitadas algumas peças para a produção de uma luminária.

Em média, o rendimento volumétrico dos produtos foi de 22,12%. Ao somar todo o volume de madeira destinado aos especialistas, o rendimento total dos produtos confeccionados foi de 53,54%.

No trabalho de Oliveira *et al.* (2003), o rendimento volumétrico realizado em três serrarias foi igual a 74,67%; 69,98% e 46,85% para a madeira serrada de *A. lecointei*, sendo esses valores superiores ao encontrado no estudo. Para Marchesan *et al.* (2018), o CRV da madeira de *A. lecointei* foi em média 33,99%. Isso mostra que apesar dos indivíduos arbóreos dessa espécie possuírem alta frequência de oco, em sua maioria, consegue-se obter um rendimento próximo, ou até mesmo superior ao que é exigido pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) (Brasil, 2016).

No entanto, é válido ressaltar que o rendimento volumétrico médio de 22,12% deste trabalho foi em relação à volumetria dos produtos, e não do volume de madeira serrada, como normalmente é obtido o CRV em outros estudos. Isso foi feito porque muitas das peças deterioradas por xilófagos foram aproveitadas no processo de confecção dos produtos.

A volumetria de madeira serrada foi algo contestável no momento da mensuração, já que foi realizado apenas o primeiro desdobro para as duas toras de madeira, em que nas extremidades das peças haviam partes usualmente descartáveis nas serrarias, como a camada de casca e cerne deteriorado próximo ao oco, sendo essas estruturas de difícil mensuração. Com isso, para que o cálculo referente ao rendimento volumétrico das peças de madeira serrada não fosse submetido ao erro tendencioso, foi realizado apenas o CRV dos produtos confeccionados para este projeto.

Viabilidade econômica do estudo

Dentre os resultados da análise econômica para as madeiras de tora oca foi adotada a economia circular, já que a pesquisa teve como base extrair-produzir-valorizar, garantindo a sustentabilidade da utilização da matéria-prima, diferentemente do modelo de economia linear, usualmente utilizado nas indústrias.

Para isso foram adotados princípios como o controle de recursos renováveis, extraindo de forma consciente o utilizável para confecção dos produtos, a otimização do processo para maior rendimento possível da matéria-prima e, por fim, estimular a efetividade do processo por meio da sustentabilidade, excluindo os meios negativos, como a diminuição da geração de resíduo.

Conclusão

As espécies arbóreas da Amazônia apresentam presença de oco, que ocorre principalmente nas espécies de alta densidade básica da madeira. A pesquisa desenvolvida a partir de madeira de tora oca mostrou a possibilidade de o manejo florestal ser sustentável na Amazônia, em razão do alto rendimento, maior que 50%, dos produtos confeccionados no município de Manacapuru e Laboratório de Engenharia de Artefatos de Madeira (Leam/Inpa). A utilização de madeiras de toras ocas é viável economicamente para a confecção de artefatos com fino acabamento (mesas, cadeiras, bancos, luminárias, molduras e artigos utilitários com design exclusivo), tornando-os competitivos no mercado.

O aproveitamento de toras ocas é uma excelente opção para inserção social, com baixo impacto ambiental sem derrubar as árvores. Considerando os resultados positivos da pesquisa, seria importante propor uma mudança na legislação que trata do beneficiamento de toras ocas, para que elas não sejam utilizadas na produção de energia pela sua queima, a não ser as serragens produzidas durante o processamento mecânico da madeira, enquanto não são viabilizadas outras pesquisas direcionadas para produção de painéis com as serragens.

Referências

BARROS, A. C.; VERÍSSIMO, A. **A expansão madeireira na Amazônia**: impactos e perspectivas para o desenvolvimento sustentável no Pará. 2. ed. Belém, PA: Imazon, 2002. 166 p.

BRASIL. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, nº 411, de 6 de abril de 2016. Dispõe sobre os procedimentos para inspeção de indústrias consumidoras ou transformadoras de produtos e subprodutos florestais madeireiros de origem nativa. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 82, p. 74, 2 maio 2016.

BRAZ, R. L. *et al.* Caracterização anatômica, física e química da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em áreas sujeitas à ação de ventos. **Ciência da Madeira**, v. 5, n. 2, p. 127-137, set. 2014.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO (CMMAD). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

DANIELLI, F. E. *et al.* Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (Sapotaceae) em serraria do estado de Roraima, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 641-651, set. 2016.

ELEUTÉRIO, A. A. **Wood decay in living trees in eastern Amazonia, Brazil**. 2011. 102 f. Thesis (Doctorate in Philosophy) – Faculty of Environmental Sciences, University of Florida, Florida, 2011.

FARIAS, L. L. **Guia prático do manejo florestal em pequena escala no Amapá**: roteiro para produção de madeira. 22. ed. Manaus: IDESAM, 2016. 96 p.

MARCHESAN, R. *et al.* Rendimento em madeira serrada de três espécies amazônicas para duas classes de qualidade. **Ciência da Madeira**, v. 9, n. 3, p. 143-151, 17 set. 2018.

MEDEIROS, S. H. S. *et al.* Diagnosis of hollow trees in an area of effective sustainable forest management in the Amazon forest. **International Journal for Innovation Education and Research**, v. 9, n. 1, p. 527-539, 2021. Disponível em: https://scholarsjournal.net/index.php/ijier/article/view/2926. Acesso em: 20 fev. 2023.

OLIVEIRA, A. D. *et al.* Viabilidade econômica de serrarias que processam madeira de florestas nativas – o caso do Município de Jaru, Estado de Rondônia. **Cerne**, v. 9, n. 1, p. 1-15, 2003.

OLIVEIRA, A. M. F. *et al.* Agentes destruidores da madeira. *In*: LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1986. Cap. 5, p. 99-256.