


**BIOMASSA RESIDUAL DE FLORESTA MANEJADA NO ESTADO DO PARÁ PARA
FABRIL DE INSTRUMENTOS MÚSICAIS**

**RESIDUAL BIOMASS FROM MANAGED FOREST IN THE STATE OF PARÁ FOR THE
MANUFACTURE OF MUSICAL INSTRUMENTS**

**BIOMASA RESIDUAL PROCEDENTE DE BOSQUES GESTIONADOS EN EL ESTADO
DE PARÁ PARA LA FABRICACIÓN DE INSTRUMENTOS MUSICALES**

 <https://doi.org/10.56238/arev8n6-082>

Data de submissão: 16/05/2026

Data de publicação: 16/06/2026

Benedito Pereira de Sousa Junior
Orcid: 0009-0002-6686-738X

RESUMO

A exploração sustentável das florestas é um desafio para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, especialmente na região amazônica, onde há uma grande diversidade de espécies florestais. Uma das formas de aproveitar os recursos naturais minimizando os danos ao meio ambiente é o uso da madeira residual, que é o material que sobra após as atividades de manejo e exploração florestal. A madeira residual pode ter diversos usos, como fonte de energia, matéria-prima para a indústria ou para a arte. Neste último caso, destaca-se a luteria, que é a técnica de fabricar e consertar instrumentos musicais de madeira. O objetivo deste estudo foi de produzir cinco instrumentos musicais populares no Brasil, nas categorias de cordas e percussão, usando madeira residual proveniente de galhada de copa da árvore extraída da floresta em plano de manejo. Os instrumentos definidos para o presente trabalho, foram: cavaquinho, violão vazado, contrabaixo, congas tumbadoras e cajón. Para isso, foram utilizadas madeiras de espécies que se assemelhassem às que já são tradicionalmente usadas na luteria. A hipótese foi que a madeira residual possa ser aproveitada para a produção de instrumentos musicais de qualidade, com um custo menor e valorando material que costumeiramente é abandonado, além de promover um impacto ambiental positivo. Destarte, espera-se que essa iniciativa contribua para a valorização da cultura musical brasileira e para geração de renda para as comunidades locais. A metodologia consistiu em construir os instrumentos com padrão e acabamento para comparar com os produzidos com madeira tradicionalmente utilizada. Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade técnica de construção dos instrumentos musicais com espécies selecionadas, indicando uma linha positiva no aspecto econômico para luteria, utilizando madeira residual de exploração florestal, desta forma, concluindo-se que as madeiras residuais de exploração florestal podem ser aproveitadas com maior valor agregado, contribuindo com mais uma opção de geração de renda e propiciando a sustentabilidade de recursos florestais.

Palavras-chave: Biomassa Residual. Floresta Manejada. Instrumentos Musicais.

ABSTRACT

The sustainable exploitation of forests is a challenge for Brazil's economic and social development, especially in the Amazon region, where there is a great diversity of forest species. One of the ways of making the most of natural resources while minimizing damage to the environment is to use residual wood, which is the material left over after forest management and exploitation activities. Residual wood can be used for a variety of purposes, such as an energy source, raw material for industry or art. In the latter case, luthiery stands out, which is the technique of making and repairing

wooden musical instruments. The aim of this study was to produce five popular musical instruments in Brazil, in the categories of strings and percussion, using residual wood from the crown of the tree extracted from the forest in a management plan. The instruments defined for this work were: cavaquinho, hollow guitar, double bass, congas tumbadoras and cajón. For this purpose, wood species similar to those traditionally used in lutherie were used. The hypothesis was that waste wood can be used to produce quality musical instruments, at a lower cost and adding value to material that is usually abandoned, as well as having a positive environmental impact. It is hoped that this initiative will contribute to the appreciation of Brazilian musical culture and generate income for local communities. The methodology consisted of building the instruments with a pattern and finish to compare with those produced with traditionally used wood. The results obtained demonstrated the technical feasibility of building musical instruments with selected species, indicating a positive economic outlook for luthiery using residual wood from forest exploitation, thus concluding that residual wood from forest exploitation can be used with greater added value, contributing another option for generating income and promoting the sustainability of forest resources.

Keywords: Residual Biomass. Managed Forest. Pará. Musical Instruments.

RESUMEN

La explotación forestal sostenible representa un desafío para el desarrollo económico y social de Brasil, especialmente en la región amazónica, que posee una gran diversidad de especies forestales. Una forma de aprovechar los recursos naturales minimizando el daño ambiental es mediante el uso de madera residual, es decir, el material que queda tras las actividades de manejo y explotación forestal. La madera residual puede tener diversos usos, como fuente de energía, materia prima para la industria o para el arte. En este último caso, destaca la lutería, técnica que consiste en la fabricación y reparación de instrumentos musicales de madera. El objetivo de este estudio fue producir cinco instrumentos musicales populares en Brasil, de cuerda y percusión, utilizando madera residual de ramas de árboles extraídas del bosque bajo un plan de manejo. Los instrumentos definidos para este trabajo fueron: cavaquinho, guitarra de caja hueca, contrabajo, congas y cajón. Para ello, se utilizaron maderas de especies similares a las tradicionalmente empleadas en la lutería. La hipótesis planteada fue que la madera residual podría utilizarse para producir instrumentos musicales de alta calidad a un menor costo, agregando valor a un material que normalmente se desecha y promoviendo un impacto ambiental positivo. Por lo tanto, se espera que esta iniciativa contribuya a la apreciación de la cultura musical brasileña y a la generación de ingresos para las comunidades locales. La metodología consistió en la construcción de instrumentos con un estándar y acabado para compararlos con aquellos producidos con madera de uso tradicional. Los resultados obtenidos demostraron la viabilidad técnica de construir instrumentos musicales con especies seleccionadas, lo que indica un aspecto económico positivo para los luthiers que utilizan madera residual de la explotación forestal. Así, se concluyó que la madera residual de la explotación forestal puede utilizarse con mayor valor añadido, contribuyendo a otra opción de generación de ingresos y promoviendo la sostenibilidad de los recursos forestales.

Palabras clave: Biomasa Residual. Bosque Gestionado. Instrumentos Musicales.

1 INTRODUÇÃO

O resíduo deixado após às atividades exploratórias dos planos de manejo florestal sustentável, é uma importante variável econômica, principalmente pela valorização dessa matéria-prima e pelo fato de constituir uma fonte alternativa de madeira para atender as necessidades das indústrias.

Na região amazônica, especialmente no estado do Pará, a exploração madeireira e a conversão de áreas florestais para usos alternativos da terra resultaram em um grande excedente de madeira, muitas vezes usado apenas para produção de energia.

O problema da geração de resíduos florestais é que seu uso atual está mais voltado para geração de energia, o que motivou este trabalho a pesquisar sobre a utilização dessa biomassa, visando a produção de instrumentos musicais com uma fonte alternativa de madeira amazônica de forma mais consciente e responsável, dando mais valor aos recursos naturais prontamente disponíveis em nossa floresta.

Para este estudo será produzido cinco instrumentos musicais, definidos como populares nas categorias cordas e percussão, usados em diversos segmentos culturais do Brasil, dentre eles, cavaquinho, violão vasado, contrabaixo, cajón e congas tumbadoras, com madeira proveniente de galhada, nas medidas adequadas a esse fim, bem como, a seleção de espécies para que se assemelhem as já usadas na luteria, como fonte de matéria prima para essa produção.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) teve como objetivo desenvolver estudo sobre viabilidade de utilização da biomassa residual (sobras de galhadas e tocos de madeira) de Plano de Manejo Florestal (PMF) para fabricação de instrumentos musicais em comunidades rurais ou florestais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANEJO FLORESTAL NA AMAZÔNIA

A diversidade da floresta Amazônica é utilizada para inúmeras finalidades, sendo o uso da madeira o mais destacado. Esse tipo de desenvolvimento, apesar de alguns avanços tecnológicos, ainda ocorre muitas vezes sem legislação adequada e processos de sustentabilidade, Sampaio (2010) relata que os recursos florestais são de extrema importância para a economia regional, no Brasil, a relevância do manejo florestal sustentável apareceu pela primeira vez no artigo 15 da Lei Federal nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, em seu artigo 15, que dizia:

“Fica proibida a exploração sob forma empírica das florestas primitivas da bacia amazônica que só poderão ser utilizadas em observância a planos técnicos de condução e manejo a serem estabelecidos por ato do Poder Público, a ser baixado dentro do prazo de um ano” (BRASIL, 1965)”.

No entanto, o termo Manejo Florestal Sustentável (MFS) só ganhou destaque após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992, quando o significado de sustentabilidade florestal foi ampliado.

Para se integrar nesse novo modelo ambientalmente correto, as indústrias devem atuar de forma sustentável. A Amazônia em um contexto econômico não quer, só atrair empresas de fora, mas também formar empresas locais e valorizar cada vez mais a mão de obra e a matéria prima. O uso de galhada pode contribuir como um bom exemplo de como a madeira pode ser usada na região para mitigar ao máximo os desperdícios. Geralmente, essa parte da árvore se decompõe na floresta ou vira biomassa para queima (carvão), porém, pode ser usada na construção de instrumentos musicais e trazer retorno econômico a essas localidades.

Apesar do Brasil possuir 60% da maior floresta tropical do mundo, ainda importa madeiras de outros países para fabricar instrumentos e não é caracterizado como um grande produtor e exportador de instrumentos musicais. Isso se deve, em parte, ao tradicionalismo dos fabricantes e luthiers que utilizam praticamente as mesmas espécies há muitos séculos (TELES, 2004).

2.2 UTILIZAÇÃO DE MADEIRA PARA FABRICAÇÃO DE INSTRUMENTOS.

Uma das formas de contribuir na sustentabilidade do meio ambiente é o uso racional de matérias-primas disponíveis de diversas espécies que possam substituir aquelas tradicionalmente utilizadas neste mercado. A madeira é um material amplamente utilizado na fabricação de instrumentos musicais, pois segundo (BUCUR, 2006) apresenta características acústicas, mecânicas e estéticas que influenciam na qualidade sonora e na beleza dos instrumentos.

A escolha da madeira depende do tipo de instrumento, da função que ela desempenha e das preferências do fabricante e do músico. Alguns fatores que devem ser considerados na seleção da madeira são: densidade, rigidez, resistência, higroscopicidade, estabilidade dimensional, durabilidade, trabalhabilidade e disponibilidade. Além disso, a madeira deve ser adequadamente secada e tratada para evitar defeitos e deterioração (SCIENTIA FORESTALIS, 64(1), p102-113).

Existem diversas espécies de madeira que podem ser empregadas na fabricação de instrumentos musicais, como pinho, abeto, cedro, mogno, jacarandá, ébano, pau-brasil, entre outras. Cada uma delas possui propriedades específicas que afetam o timbre, a ressonância, a projeção e a sustentação do som. Cita Fletcher, N. H., & Rossing, (1998) que a madeira também pode ser combinada com outros materiais, como metal, plástico ou fibra de carbono, para criar instrumentos híbridos ou inovadores. A utilização da madeira na fabricação de instrumentos musicais é uma tradição milenar que envolve conhecimento técnico, artístico e cultural. A madeira é um recurso

natural renovável que contribui para a diversidade e a sustentabilidade da produção musical. (BUCUR, 2006)

2.3 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA.

Segundo Garcia (2011), a propriedade física da madeira é o conjunto de características que determinam o seu comportamento diante de agentes externos, como temperatura, umidade, luz e forças mecânicas. A propriedade física da madeira depende da sua estrutura anatômica, da sua composição química e da sua umidade. Algumas propriedades físicas importantes da madeira são: densidade, higroscopicidade, contração e expansão, condutividade térmica e elétrica, resistência mecânica e acústica.

A propriedade física da madeira é relevante para a escolha das espécies adequadas para cada finalidade. Por exemplo, para a construção civil, é preciso considerar a resistência mecânica e a durabilidade da madeira. Para a fabricação de móveis, é importante levar em conta a densidade e a estabilidade dimensional da madeira. Para a produção de papel e celulose, é essencial avaliar a composição química e o rendimento da madeira. Portanto, conhecer a propriedade física da madeira é fundamental para o aproveitamento racional e sustentável desse recurso natural. (COSTA, 2008)

2.3.1 Densidade da madeira

A densidade corresponde à propriedade física que mede a massa de uma amostra de madeira em relação ao seu volume. A densidade da madeira varia de acordo com a espécie, o teor de umidade, a temperatura e a direção das fibras (TELES 2004). A densidade da madeira é importante para determinar a qualidade, o rendimento, a resistência e o uso potencial da madeira. As espécies de madeira com maior densidade tendem a ser mais duras, mais pesadas e mais resistentes ao ataque de insetos e fungos. As espécies de madeira com menor densidade tendem a ser mais leves, mais macias e mais fáceis de trabalhar. A densidade da madeira também influencia no comportamento térmico, acústico e mecânico da madeira. (CARVALHO e BROWN, 2006)

2.3.2 Teor de Umidade da madeira

É a relação entre a massa de água contida na madeira e a massa da madeira seca. Esse parâmetro é fundamental para determinar as propriedades físicas e mecânicas da madeira, bem como sua resistência ao ataque de agentes biológicos. O teor de umidade da madeira varia de acordo com a espécie, o clima, o tempo de secagem e o método de armazenamento. Algumas espécies apresentam maior capacidade de reter água do que outras, o que influencia na sua durabilidade e estabilidade

dimensional. Por isso, é importante conhecer o teor de umidade da madeira antes de utilizá-la em diferentes aplicações. (CARVALHO e BROWN, 2006)

2.3.3 Retratabilidade da madeira

Couto (2006), afirma que a variação dimensional da madeira quando ela perde ou ganha umidade. A retratabilidade é influenciada pela direção das fibras, pela densidade e pela composição química da madeira. A retratabilidade da madeira é importante para determinar o seu uso e o seu comportamento em diferentes condições ambientais. As espécies de madeira que apresentam baixa retratabilidade são mais estáveis e resistentes à deformação e ao rachamento, enquanto as espécies de madeira que apresentam alta retratabilidade são mais suscetíveis a esses problemas. (BLOCK, 1996). Portanto, é fundamental conhecer a retratabilidade das espécies de madeira para escolher a mais adequada para cada finalidade, no caso de instrumentos de cordas esta é uma importante característica a ser levada em conta, quando à precisão requerida durante sua produção e uso para que o som saia adequado e não prejudique a afinação quando as cordas forem tencionadas. (Harvard Dictionary of Music 1944)

2.4 PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

São aquelas que descrevem o seu comportamento quando submetida a esforços externos, como tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento. (TELES. 2004). Segundo Carvalho (2006). Essas propriedades dependem de vários fatores, como a espécie da árvore, a direção das fibras, a umidade e a temperatura. A madeira é um material anisotrópico, ou seja, as suas propriedades variam conforme a direção considerada. Por exemplo, a madeira é mais resistente na direção longitudinal (paralela às fibras) do que na direção radial (perpendicular ao eixo da árvore) ou tangencial (perpendicular ao raio da árvore).

A importância das espécies de árvores na determinação das propriedades mecânicas da madeira é grande, pois cada espécie possui características próprias de densidade, composição química, estrutura celular e arranjo das fibras. Algumas espécies são mais adequadas para determinados usos do que outras, de acordo com as suas propriedades mecânicas. (AMBROSCH 2014), Por exemplo, as madeiras de coníferas (pinus, eucalipto, araucária) são geralmente mais leves e menos resistentes do que as madeiras de folhosas (ipê, jatobá, cumaru), mas também são mais fáceis de trabalhar e mais baratas. As madeiras de folhosas são mais indicadas para usos estruturais ou que exigem maior durabilidade e resistência à umidade e ao ataque de organismos xilófagos (que se

alimentam de madeira). Para o uso de instrumentos são ideais para o braço pois garante fortes tensões (COUTO, 2006).

2.4.1 Resistência mecânica da madeira

E a capacidade que ela tem de suportar esforços externos, como tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento. Essa propriedade depende de vários fatores, como a espécie da madeira, o teor de umidade, a densidade, a direção das fibras, a temperatura e o tempo de aplicação da carga. (TELES, 2004)

Oliveira (2012) afirma que a resistência mecânica da madeira pode ser afetada pela ação do fogo, que reduz a sua massa específica e altera as suas propriedades físicas e químicas. A autora realizou ensaios de compressão paralela às fibras e de flexão em amostras de madeira cedrinho expostas a situação de incêndio de baixo risco, por períodos que variam de 2,5 a 10 minutos. Ela concluiu que houve uma perda significativa de resistência mecânica da madeira com o aumento do tempo de exposição ao fogo.

2.4.2 Módulo de elasticidade da madeira

O módulo de elasticidade da madeira é uma propriedade que mede a resistência da madeira à deformação quando submetida a uma força. O módulo de elasticidade depende da direção da força em relação às fibras da madeira, da densidade da madeira e da umidade da madeira. O módulo de elasticidade é expresso em unidades de pressão, como Pascal (Pa) ou libra por polegada quadrada (psi).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o módulo de elasticidade da madeira para a compressão paralela às fibras pode ser obtido por meio de ensaios estáticos ou dinâmicos. Os ensaios estáticos consistem em aplicar uma carga gradual e crescente sobre a peça de madeira e medir a deformação correspondente. Os ensaios dinâmicos consistem em submeter a peça de madeira a uma vibração e medir a frequência natural de oscilação. (ABNT NBR 7190:1997)

2.4.3 Dureza da madeira

É uma propriedade que mede a resistência que a madeira oferece à penetração de um corpo duro, como um prego ou uma esfera de aço. A dureza da madeira está relacionada com a sua massa específica, ou seja, a quantidade de massa por unidade de volume. Quanto maior a massa específica da madeira, maior é a sua dureza. É uma propriedade importante para definir o seu uso e o seu desempenho. Madeiras mais duras são mais resistentes ao desgaste e à abrasão, mas também são mais

difíceis de trabalhar, com corte e de perfuração. Madeiras mais macias são mais fáceis de moldar, de entalhar e de pregar, mas também são mais suscetíveis aos danos mecânicos e biológicos. (TELLES 2004)

A dureza da madeira é uma propriedade que reflete a sua estrutura anatômica e a sua composição química. A madeira é formada por células alongadas chamadas traqueídeos ou fibras, que são unidas por uma substância chamada lignina. A proporção e a disposição desses elementos determinam a rigidez e a resistência da madeira. Quanto mais densa e compacta for a estrutura celular da madeira, maior será a sua dureza. (CARVALHO 2006)

A dureza da madeira pode ser alterada por processos físicos ou químicos. Por exemplo, o aquecimento da madeira pode aumentar a sua dureza, pois provoca a evaporação da água das fibras. O tratamento com produtos químicos pode diminuir ou aumentar a dureza da madeira, dependendo da natureza e da concentração dos agentes utilizados. Alguns produtos podem amolecer a madeira, como os ácidos ou os alcalis; outros podem endurecê-la, como os taninos ou os resinosos.

Gabriel Janka 1864 -1932, criou o método para medir a dureza da madeira, que é um dos mais utilizados, ensaio de dureza Janka, que consiste em aplicar uma força sobre uma esfera de aço de 11,28 mm de diâmetro até que ela penetre na madeira até a metade do seu diâmetro. A força necessária para isso é expressa em quilogramas-força (kgf) ou em libras-força (lbf) e representa o índice de dureza Janka da madeira.

2.4.4 Fendilhamento da madeira

O fendilhamento da madeira é um fenômeno que ocorre quando a madeira é submetida a esforços de tração perpendicular às fibras, provocando a abertura de fendas e a separação das fibras. Esse fenômeno pode afetar a resistência, a durabilidade e o aspecto da madeira, além de facilitar a entrada de umidade e agentes biológicos. O fendilhamento pode ser causado por diversos fatores, como o tipo de corte, o teor de umidade, a densidade, a orientação das fibras, o diâmetro e o espaçamento dos pregos, parafusos ou pinos utilizados na fixação da madeira. (DIAS et al., 2010)

Segundo Silva et al. (2016), para evitar ou reduzir o fendilhamento da madeira, alguns cuidados devem ser tomados, como: escolher madeiras com menor tendência ao fendilhamento, controlar a umidade da madeira durante a secagem e o armazenamento, aplicar revestimentos protetores na superfície da madeira, evitar cortes transversais às fibras e utilizar pregos ou parafusos adequados para fixar as peças de madeira.

2.5 RADIAÇÃO SONORA E IMPEDÂNCIA

Segundo o Spycher et al. (2008) a radiação sonora é o processo pelo qual a energia vibratória de um corpo é convertida em ondas sonoras que se propagam no ar. A impedância é a resistência que um meio oferece à propagação do som.

Essas propriedades são importantes para avaliar a qualidade acústica dos materiais usados na construção de instrumentos musicais de corda.

A velocidade com que o som se propaga no interior do material depende do módulo de elasticidade e da densidade do mesmo, e também varia com teor de umidade e a direção da grã da madeira (WEGST, 2006). Quanto maior for a velocidade de propagação do som, melhor será a qualidade acústica do material (SOUZA, 1983).

A impedância é relevante quando a energia vibracional é transmitida de um meio para outro, como da madeira para o ar. Por meio dessa propriedade é possível verificar a intensidade do som transmitido pelo instrumento (WEGST, 2006).

O coeficiente de radiação sonora descreve o quanto de energia vibratória será convertido em som; portanto, é desejável que o material apresente um alto valor para este coeficiente, caso se queira que o som emitido seja em alto volume (intensidade) (BUCUR, 2006a).

2.6 PRINCIPAIS ESPÉCIES PARA O USO EM INSTRUMENTOS NO MUNDO

A escolha da madeira para a fabricação de instrumentos musicais é um fator determinante para a qualidade sonora e estética do produto final. Existem diversas espécies de madeira que podem ser utilizadas para esse fim, cada uma com suas características próprias de densidade, resistência, cor, textura e timbre.

2.6.1 Abeto (SPRUCE) – *Picea spp.* - Pinaceae - Conífera (Softwood)

Todas as espécies do gênero *Picea* são chamadas de abeto ou spruce, épicéa em francês e Fichte em alemão. Em se tratando de instrumentos musicais, entretanto, o nome abeto/spruce é, geralmente, utilizado para se referir à espécie *Picea abies*, uma Conífera comum em toda a Europa. Obs.: as espécies do gênero *Abies* (conífera) são também conhecidas como abeto, mas não como spruce. O nome comum, em inglês, para o gênero *Abies* é “fir”. Em francês é sapin, em alemão é Tanne, cabe ressaltar que as espécies recebem diferentes nomes pois tratamos de nomes vulgares muitas vezes como neste caso que pode receber o nome de ADIRONDACK e ADIRONDACK RED SPRUCE. (GORE, T 2011)

De acordo com BESSA, a densidade influencia na resistência, na durabilidade, na estabilidade dimensional e no isolamento térmico e acústico da madeira. A densidade (ρ), do Abeto a 10% de umidade é de aproximadamente 415 kg/m³, sendo considerada uma madeira leve a moderadamente pesada. A umidade do Abeto pode variar entre 8 e 30%, dependendo das condições ambientais e do processo de secagem. A resistência do Abeto é considerada média a alta, sendo adequada para estruturas de médio porte e peças de mobiliário, na estabilidade dimensional o abeto é uma madeira moderadamente estável, apresentando pequenas contrações e dilatações ao longo do tempo, apresente um módulo de flexão estática (E) de 8,28 GPa, módulo de ruptura à flexão (G) 61,1MPa e dureza Janka (Hj)1420.

2.6.2 Ácer - (MAPLE) – Acer spp. - Aceraceae - Folhosa (Hardwood)

Todas as espécies do gênero Acer são conhecidas como ácer, bordo, maple (inglês), arce (espanhol), acero, atilo. É a madeira mais tradicional na fabricação de instrumentos musicais, pode ser usada em todo instrumento de corda como braços e corpo de guitarras e baixos, lateral, fundo e braço de instrumentos acústicos, tampos, combinados com outras madeiras na base. É muito utilizado para a fabricação de guitarras e baixos nos dias atuais. (BENNETT, 2016)

As propriedades mecânicas e físicas da espécie são importantes para sua utilização em diversos produtos, como instrumentos musicais, móveis, pisos e xarope. A madeira do Ácer é dura, resistente, leve e de cor clara, variando do branco ao amarelo-pálido. A densidade básica média é de cerca de 679 kg/m³ e o teor de umidade de equilíbrio é de cerca de 12%. A madeira do Ácer apresenta anéis de crescimento distintos, raios diferenciados e grã direita a ondulada. Apresenta uma resistência à tração média de 12,9 G/MPa, uma resistência à compressão média de 109 E/MPa, uma à dureza Janka1433. A madeira do Ácer tem boa trabalhabilidade, colagem, acabamento e durabilidade natural. (BESSA 2000)

2.6.3 Afzelia – Afzelia spp – Leguminosae-Caesalpinioidea - Folhosa (Hardwood)

Espécies do gênero Afzelia, (14 espécies) da família das Leguminosae, é uma das espécies que formam “burl” ou seja, um tipo de cancro que se forma externamente ao tronco ou a um galho, cuja madeira é muito valorizada pelos desenhos que se formam nela. A mais comum parece ser a Afzelia xylocarpa. Afzelia é um gênero de árvores da família Fabaceae, nativas da África e do Sudeste Asiático. As espécies de Afzelia são conhecidas por sua madeira de alta qualidade, resistente e durável, que apresenta propriedades físicas e mecânicas favoráveis para diversas aplicações. Algumas das propriedades físicas e mecânicas da espécie Afzelia são: Massa específica aparente a 12% de

umidade: varia de 750 g/m³, dependendo da espécie e da região de origem. Apresenta baixa contração volumétrica (cerca de 10%) e coeficiente de anisotropia (cerca de 1,5), indicando boa estabilidade dimensional da madeira. (BENNETT, 2016)

Resistência mecânica: possui alta resistência à flexão estática 12,5 G/MPa em média, à compressão paralela às fibras 75 E/MPa, à dureza Janka 1512. Outras propriedades: apresenta baixa permeabilidade aos líquidos, boa resistência ao ataque de fungos e insetos, boa trabalhabilidade com ferramentas manuais e mecânicas, bom acabamento superficial e boa colagem. (BESSA 2000)

2.6.4 Agathis – Agathis spp. - Araucariaceae – Conífera (Softwood)

Designação comum a 21 espécies do gênero Agathis, da mesma família que o pinho-do-paraná (Araucariaceae). Podem ser conhecidas também kauri ou dammar. encontradas desde a península Malaia até a Nova Zelândia no Sudoeste do Pacífico, Indonésia, Filipinas, Nova Guiné, Bornéu, Nova Caledônia, Ilhas Fiji, Ilhas Salomão e Austrália. Amplamente usadas em instrumentos de segunda linha. (BLOCK, 2014)

As propriedades físicas da madeira de Agathis incluem o teor de umidade, a densidade, a estabilidade dimensional, o comportamento térmico, acústico e elétrico. Essas propriedades variam de acordo com a espécie, a idade, a região de crescimento e a posição no tronco. De modo geral, a madeira de Agathis apresenta um teor de umidade médio de 12%, uma densidade básica média de 450 g/m³, A madeira de Agathis também possui um baixo coeficiente de dilatação térmica, um alto calor específico, uma boa condutibilidade acústica e uma baixa condutibilidade elétrica.

As propriedades mecânicas da madeira do Agathis incluem a resistência à tração, à compressão, ao cisalhamento, à flexão e ao impacto. Essas propriedades também dependem dos fatores mencionados anteriormente. De modo geral, a madeira de Agathis apresenta uma resistência à tração média de 9,7 E/GPa, uma resistência à compressão média de 62 G/MPa, uma à dureza Janka 1690. (BESSA, 2000)

2.6.5 Álamo– Populus spp. – Salicaceae – Folhosa (Hardwood)

Conhecida como choupo, poplar, pioppo (italiano), aspen ou peuplier (francês). O Álamo é uma árvore de crescimento rápido, que pode atingir até 30 metros de altura e 1 metro de diâmetro. A sua madeira é leve, macia, fácil de trabalhar e possui boa resistência ao ataque de fungos e insetos (BRÉMAUD, 2012), a massa específica aparente do Álamo 400 g/m³ a 12% de umidade, a retratibilidade volumétrica é de 10%, o coeficiente de anisotropia é de 1,6 e o módulo de elasticidade é de 8.5 E/GPa, ruptura de 81 G/MPa dureza Janka de 1557. Essas características fazem do Álamo

uma madeira adequada para a fabricação de móveis, painéis, caixas, embalagens, brinquedos, lápis, palitos e papel, corpo sólido de guitarra, top de guitarra, para reforço interno de instrumentos de corda como travessas e reengrosso. (BESSA, 2000)

2.6.6 Aliso (ALDER) – *Alnus spp.* – Betulaceae – Folhosa (Hardwood)

Espécies do gênero *Alnus*, também conhecidas como alder ou amieiro. Ocorrem na Europa, África, Ásia e América do Norte. (BRÉMAUD, 2012)

O Aliso é uma madeira leve, macia e de baixa resistência, com uma densidade média de 450 kg/m³, um módulo de elasticidade de 9,7 E/GPa e um módulo de ruptura de 62 G/MPa, dureza Janka 1690. A madeira tem uma cor clara que varia do creme ao marrom-avermelhado, com veios pouco distintos. O Aliso é fácil de trabalhar com ferramentas manuais e elétricas, e aceita bem colas, tintas e vernizes. A madeira é usada principalmente para móveis, molduras, instrumentos musicais de cordas (braços e partes da caixa acústica) e utensílios domésticos. (BESSA 2000)

2.6.7 Ébano (EBONY) – *Diospyros spp.* – Ebenaceae – Folhosa (Hardwood)

Árvores do gênero *Diospyros*, da família das Ebenáceas, em particular as pertencentes à espécie *Diospyros ebenum* (Índia e Sri Lanka). Produzem uma madeira muito escura e densa. É rara e muito utilizada na fabricação de instrumentos musicais. Em instrumentos musicais é utilizado geralmente em escala em violão, violino, contrabaixo, guitarra e baixo elétrico, fundo e lateral de violão. (BUCUR, 2006).

Tem densidade básica de 955 g/m³, módulo de elasticidade 16,89 E/Gpa módulo de ruptura de 153 G/MPa, dureza Janka 2950. O ébano é uma madeira resistente ao ataque de fungos e insetos, mas tem baixa estabilidade dimensional, ou seja, tende a se contrair ou expandir com as variações de umidade. Por isso, é recomendado secá-la adequadamente antes do uso e aplicar vernizes ou óleos para protegê-la. O ébano também é uma madeira difícil de trabalhar, pois exige ferramentas afiadas e cuidados especiais para evitar rachaduras e empenamentos. (BESSA, 2000)

2.7 ESPÉCIES MADEIREIRAS DA AMAZÔNIA PARA USO COMPARATIVO.

2.7.1 Cedro - *Cedrela odorata*, L. Família Meliaceae

A madeira desta espécie é muito utilizada na indústria de móveis, construção civil e marcenaria, devido às suas características de durabilidade e trabalhabilidade. Possui densidade baixa, com valores médios de 440 g/m³ a 12% de umidade. Essa característica confere uma boa resistência ao choque e à fadiga, (COSTA, 2017) segundo IPT apresenta valores médios de resistência à flexão

de 8,3 E/GPa e de módulo de elasticidade de 81,2 G/MPa. com valores médios de resistência à compressão de 535 kgf/cm², que também são moderados em relação a outras madeiras. contém valores médios de resistência ao cisalhamento de 70 kgf/cm², que são baixos em comparação com outras espécies, apresenta valores médios de dureza Janka de 3138N, que são baixos em relação a outras madeiras.

O cedro é uma madeira que recebe muito bem trabalhos de acabamento, incluindo polimento que se ressalta muito atrativo. (IPT, 2004)

2.7.2 Freijó - *Cordia goeldiana*, Huber. Família Boraginaceae

A madeira dessa espécie possui propriedades mecânicas e físicas que a tornam adequada para fabricação de produtos de alto valor agregado, como móveis finos, pisos residenciais, instrumentos musicais e peças estruturais. Entre as propriedades físicas destacam-se a densidade moderada 480,63 kg/m³, a baixa retratibilidade (retração longitudinal, radial e tangencial = 0,25%, 4,27% e 6,83%, respectivamente) e a estabilidade dimensional elevada. Essas características conferem à madeira resistência ao empenamento e à rachadura. Entre as propriedades mecânicas tem-se a resistência à compressão paralela (81,2 E/MPa) e perpendicular (8,3 G/MPa), a resistência específica (55,32), a dureza Janka 3932 N. Essas características conferem à madeira resistência ao desgaste e à deformação. (IPT 2004)

Segundo costa 2008 possui uma composição química similar à de madeiras nobres tropicais, com alto teor de celulose e baixo teor de extrativos. Essa composição favorece o acabamento superficial da madeira, que apresenta uma cor castanho-claro-amarelado uniforme e uma superfície lustrosa. Sendo uma boa opção de qualidade para o uso em diversos segmentos da indústria madeireira.

2.7.3 Ipê - *Handroanthus albus*, (Vahl) S.Grose. Família Bignoniaceae

É muito utilizada na construção civil e na marcenaria. Ela possui propriedades mecânicas e físicas que a torna resistente, durável e bonito. Apresenta densidade, com valores que variam de 930 kg/m³. Isso significa que tem uma alta resistência à compressão, e tração, com dureza de 10807 N na escala Janka. (COSTA, 2008)

Esta espécie de madeira é difícil de ser cortado, perfurado ou riscado e devido essa característica tem alta resistência ao desgaste e ao ataque de insetos e fungos. Apresenta em média de 148,5 G/MPa de resistência à flexão e 15,3 E/GPa de módulo de elasticidade. Devido as diversas tonalidades de cor, a madeira apresenta uma beleza natural bastante expressiva. (IPT, 2004)

2.7.4 Louro amarelo – *Ocotea rubra*, (Meisn.) Mez.

Da Família Lauraceae: A madeira de Louro amarelo se destaca pela sua cor amarelo-esverdeada, que escurece com o tempo e pelo cheiro agradável e levemente adocicado. (Alves, 2015). A madeira é considerada de média densidade, com massa específica básica de 660 kg/m³ e aparente a 12% de umidade. Quanto a retratibilidade apresenta contrações radial de 2,3%, tangencial de 6,7% e volumétrica de 12,1%, indicando uma boa estabilidade dimensional. As propriedades mecânicas apresentam resistência à flexão de 52,9 G/MPa, limite de proporcionalidade de 50,7 MPa, módulo de elasticidade de 11,9 E/GPa e dureza janka de 4717. É resistente ao ataque de fungos apodrecedores, cupins e xilófagos marinhos. (IPT, 2004)

A trabalhabilidade da madeira é moderada, pois apresenta sílica em sua composição, que pode desgastar as ferramentas. Porém, ela permite um bom acabamento superficial e de fácil colagem. A madeira é indicada para diversas aplicações como em marcenaria, carpintaria, móveis, painéis, forros, lambris, artesanato e decoração. (FLORES, 2015)

2.7.5 Marupa - *Simarouba amara*, Aubl. Família Simarubaceae

Possui propriedades mecânicas e físicas interessantes para diversas aplicações. Apresenta densidade básica de 380 Kg/m³, resistência à flexão estática de 70 G/MPa e módulo de elasticidade de 8.9 E/MPa. Esses valores indicam que o Marupá é uma madeira leve, porém resistente e elástica, podendo ser usada para construção civil em revestimento, móveis, embalagens, compensados, laminados e instrumentos musicais. (IPT, 2004)

Além disso, a madeira tem uma boa estabilidade dimensional, com um coeficiente de contração radial de 3,9%, um coeficiente de contração tangencial de 7,6%, retração total tangencial: 5,9% retração total volumétrica: 8,8%, indicando que sofre pouca variação de volume e forma quando exposto a mudanças de umidade, evitando empenamentos e rachaduras. Características mecânicas apresentam resistência à compressão axial a 15% de umidade; 380 kgf/cm² de resistência à flexão estática a 12% de umidade e um valor na escala Janka de 1206 N. A madeira apresenta cor clara e uniforme, que pode ser tingida ou envernizada facilmente, conferindo um aspecto estético agradável à madeira.

2.7.6 Muirapiranga - *Brosimum paraense*, Huber. Família Moraceae

Apresenta uma cor vermelha-coral a castanho-avermelhado, com veios mais escuros, e um brilho moderado, A madeira tem uma resistência à flexão estática de 136,7 G/MPa e um módulo de

elasticidade de 13,6 E/GPa quando seca a 12% de umidade. A dureza Janka da madeira verde no topo é de 1512. A Muirapiranga é altamente resistente a fungos e cupins (IPT 2004)

A madeira é moderadamente fácil de ser trabalhada com ferramentas manuais ou mecânicas, proporciona ótimo acabamento, aceita colagem fácil, prego e é fácil de faquear. Segundo Calil (2003), o preaquecimento é necessário antes do faqueamento para evitar rachaduras e empenamentos.

2.7.7 Pau Amarelo - *Euxylophora paraenses*, Huber. Família Rutaceae

Essa madeira é muito requisitada para revestimento interno e externo além disso, é usado na fabricação de móveis, janelas e portas, trazendo versatilidade e beleza às construções. A madeira se destaca pela sua tonalidade âmbar e pelo brilho refinado que é adquirido ao ser vernizado.

Seu alto custo, devido à escassez do material, exige que seja utilizado com consciência para que traga o melhor resultado para o investimento. Segundo Lima e Coelho (2018), “a utilização da madeira Pau Amarelo tem oferecido experiência positiva nos imóveis sendo uma madeira nobre, que oferece ótimas propriedades físicas e mecânicas, além de um excelente acabamento superficial. Apresenta densidade aparente a 12% de umidade 810 kg/m³. Isto garante grande resistência e durabilidade para o produto final. (IPT, 2004)

De acordo com a pesquisa desenvolvida por Rodrigues (2014), que testou diversas propriedades físico-mecânicas da madeira, a resistência ao cisalhamento para o pau amarelo foi observada como uma das maiores deste segmento, variando entre 37 Mpa e 42 Mpa. Para madeira a 12% de umidade apresenta contrações radial de 6,5%, tangencial de 7,8% e volumétrica de 13,1 %. A resistência à flexão de 126,9 G/MPa, compressão perpendicular às fibras de 9,6 E/GPa e Dureza Janka de aproximadamente 7649 N, classificando-se como moderadamente dura.

2.8 ORIGEM DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS.

2.8.1 Cavaquinho (instrumento de cordas)

Segundo alguns autores, o cavaquinho chegou ao Brasil no século XVIII, trazido pelos colonizadores portugueses, e se difundiu pelo litoral e pelo interior do país, sofrendo adaptações e influências de outros instrumentos, como o bandolim, o violão e a viola caipira. O cavaquinho também recebeu diferentes nomes nas diversas regiões do Brasil, como braguinha, machete, manchete, cavaco e ukelele (este último de origem havaiana). O cavaquinho foi incorporado ao repertório de vários gêneros musicais brasileiros, como o samba, o choro, o frevo, o baião e o forró (SILVA; LIMA; SANTOS, 2015).

O seu som é agudo e vibrante, e pode ser amplificado por meio de captadores elétricos ou microfones. O cavaquinho é um instrumento que possui uma rica história e uma grande importância na música brasileira. Ele é capaz de expressar sentimentos variados, desde a alegria até a melancolia. Para aprender mais sobre o cavaquinho segundo o mestre Waldir Azevedo, considerado um dos maiores cavaquinistas da história, declarou: "O cavaquinho é a minha vida, é a minha razão de viver" (AZEVEDO, 1958). Essa frase demonstra o amor e a dedicação que esse instrumento desperta em quem o toca e o estuda.

Maia (2010), afirma que cavaquinho é mais do que um simples objeto, é uma forma de expressão artística e cultural, que representa a alma brasileira. Em nosso estudo pelo fato de ser construído com madeiras do Brasil saímos de nossa zona de conforto e mudamos radicalmente as madeiras comumente usadas, optamos por novas espécies e um designe mais moderno o que nos surpreendeu nos resultados. Com sons vibrantes e agudos, modelo moderno com saídas de sons nas laterais e captação de piezo no ratião.

Segundo Oliveira (1966), o cavaquinho é um popular instrumento polifônico cordofone de pequeno porte, do tipo viola de tampo achatado, portanto, da família do violão europeu, de caixa duplamente convexa e de pequeno enfraquecimento, e de quatro cordas que pode ser de tripa ou metálicas "cordas". (aço), fixado de forma tradicional nos pregos do tampo e colado ao cavalete a meio da parte inferior elevada do tampo. Além do nome encontramos também, para o mesmo instrumento ou outros, braguinha ou braguinho, cavaco, etc.

2.8.2 Contrabaixo (instrumento de cordas)

Segundo Leavitt (2001) o contrabaixo elétrico é um instrumento musical que se popularizou no Brasil a partir da década de 1950, com a influência do jazz e da música norte-americana. Desde então, o contrabaixo elétrico vem sendo utilizado em diversos gêneros musicais, como o rock, o pop, o samba, o funk e o MPB. O contrabaixo elétrico é composto por um corpo de madeira, um braço com uma escala de trastes, quatro cordas afinadas em quartas justas (Mi, Lá, Ré e Sol), um captador que transforma as vibrações das cordas em sinais elétricos e um circuito que permite ajustar o volume e o timbre do som.

O contrabaixo elétrico é um instrumento versátil e expressivo, que requer do músico conhecimento teórico e prático. Para dominar o contrabaixo elétrico, é necessário estudar escalas, arpejos, acordes, ritmos, harmonia e improvisação. Além disso, é importante conhecer os diferentes estilos. Em nossos estudos foi utilizado um modelo music man com 24 trastes e 5 cordas, as quais são voltadas para o período moderno da música, sua construção foi feita em pau amarelo no braço

cedro rosa e no corpo escala em ipê, captação dupla e sistema paramétrico em sua montagem com bateria em configuração para 9 volts.

2.8.3 Violão vazado (instrumento de cordas)

É um tipo de instrumento musical que possui uma abertura na lateral do corpo. O violão vazado surgiu na década de 1980 (OLSON, 2005 et all), como uma inovação do luthier americano James Olson, que buscava melhorar a projeção sonora e o conforto do instrumento. Ele criou um design que cortava uma parte do corpo do violão, deixando uma abertura na lateral voltada para o músico. Essa abertura permitia que o som saísse diretamente para o ouvido do tocador, facilitando a percepção da qualidade e do volume do som. Além disso, o violão vazado tinha um corpo menor e mais ergonômico, reduzindo a tensão nos braços e nas costas do músico.

Segundo Carvalho e Bravo (2005), o violão vazado se popularizou nos Estados Unidos e na Europa, sendo adotado por grandes nomes da música, como James Taylor, Phil Keaggy e Leo Kottke. No Brasil, o violão vazado chegou na década de 1990, trazido por luthiers como Samuel Carvalho e Lineu Bravo, que adaptaram o conceito às características da madeira brasileira e às preferências dos músicos nacionais. O violão vazado brasileiro se diferenciava do americano pelo uso de madeiras nobres e exóticas, como jacarandá, imbuia e cedro-rosa, e pela incorporação de elementos da cultura brasileira, como a bandeira nacional e o mapa do país.

2.8.4 Conga tumbadora (instrumento de percussão)

As congas tumbadoras são instrumentos de percussão originários de Cuba, que consistem em tambores cilíndricos com uma pele esticada na parte superior. As congas tumbadoras podem ser tocadas individualmente ou em conjunto, e são usadas em diversos estilos musicais, como salsa, rumba, samba e jazz. (GORE, 2011)

A construção das congas tumbadoras feitas de madeira envolve vários passos, que podem variar de acordo com o fabricante e o tipo de madeira utilizada. Em geral, os principais passos são: Escolha da madeira pois segundo Silva (2010), a madeira é o material mais utilizado na fabricação das congas tumbadoras, pois confere ao instrumento uma sonoridade quente e natural.

A madeira deve ser resistente e sonora, e pode ser de diferentes espécies, como carvalho, mogno ou maçaranduba. A madeira deve ser cortada em ripas ou tábuas, que serão unidas para formar o corpo do tambor. Cada tipo de madeira tem suas características sonoras e estéticas, que influenciam no resultado final do instrumento (SANTOS, 2015, p. 42).

As ripas são coladas umas às outras com cola especial para madeira, formando um cilindro. O cilindro deve ser lixado e nivelado nas extremidades, recebendo o acabamento com verniz ou tinta. As ferragens correspondem aos aros, parafusos, porcas e arruelas que servem para ajustar a tensão da pele na parte superior do cilindro

A pele pode ser de origem animal ou sintética que é colocada sobre o aro superior e esticada. As peles animais são mais tradicionais e têm um som mais rico em harmônicos, mas exigem mais cuidados com a umidade e a temperatura. As peles sintéticas são mais resistentes e duráveis, mas têm um som mais seco e artificial." (GOMES, 2018, p. 51).

2.8.5 Cajón (instrumento de percussão)

O cajón é um instrumento que consiste em uma caixa de madeira com uma placa frontal que vibra quando percutida. A placa frontal pode ter cordas ou esteiras metálicas que produzem um som semelhante ao da caixa da bateria. Também pode ter furos na parte traseira ou lateral para permitir a saída do ar e a ressonância das frequências graves. A construção desse instrumento envolve o uso de diferentes tipos de madeira, que influenciam na qualidade e na durabilidade do instrumento. Além disso, o formato, o tamanho, a espessura da caixa e a placa frontal afetam a sonoridade que pode variar de acordo com o estilo musical e a preferência do músico.

Segundo Silva (2018), o cajón é um instrumento versátil que pode ser utilizado em diversos gêneros musicais, como samba, forró, MPB, rock e pop, permitindo ao percussionista explorar diferentes timbres e dinâmicas, além de facilitar a improvisação e a interação com outros instrumentos. Para isso, é necessário conhecer as técnicas de execução como a posição das mãos, dos dedos e dos pés, a altura e a inclinação do instrumento, e os tipos de batidas e ritmos que podem ser produzidos.

Outro aspecto importante sobre o cajón é a sua história e a sua inserção no contexto cultural brasileiro. De acordo com Santos (2019), esse instrumento foi introduzido no Brasil pelo músico Naná Vasconcelos na década de 1980, que adaptou o instrumento à música brasileira e o divulgou em suas apresentações e oficinas. O autor destaca que esse instrumento musical se tornou um símbolo de resistência e identidade dos afrodescendentes no Brasil, assim como foi para os escravos no Peru. Também se tornou um instrumento acessível e democrático, que pode ser construído artesanalmente com materiais recicláveis ou de baixo custo.

Portanto, é um instrumento que apresenta diversas características técnicas, históricas e culturais que o tornam interessante para o estudo e a prática musical. A fabricação requer

conhecimento sobre os materiais e as técnicas utilizados, bem como sobre as necessidades e as expectativas dos músicos que vão utilizá-lo.

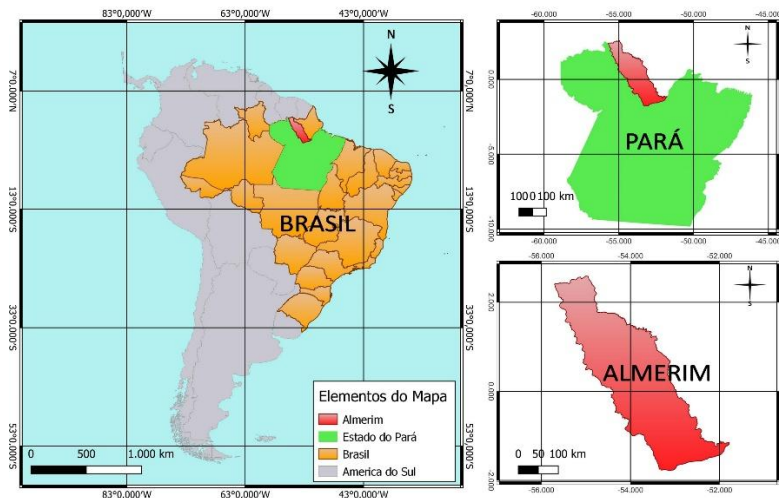
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ORIGEM DAS AMOSTRAS DE MADEIRA

As amostras de madeira, utilizada neste trabalho, foi oriunda da Reserva Pacanarí no Município de Almeirim, no Estado do Pará, Brasil. Criada em 2008 pela Empresa Jari Celulose com objetivo de proteger a biodiversidade e os recursos hídricos da bacia do Rio Jari, ocupando uma área de aproximadamente 50 mil hectares, sendo 40 mil hectares de floresta nativa e 10 mil hectares de áreas de reflorestamento com espécies nativas e exóticas. A reserva está localizada na margem esquerda do Rio Jari, sob as coordenadas geográficas 1° 30' S e 52° 30' W (Figura 1).

Figura 1. Reserva Pacanarí localizada no Município de Almeirim – PA.

MAPA GERAL DE LOCALIZAÇÃO

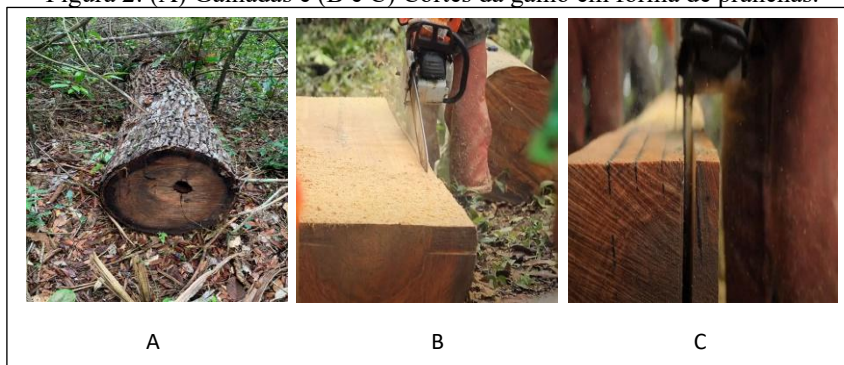


Fonte: Autores.

3.2 COLETA DE MADEIRA RESIDUAL.

Para este estudo foram coletadas amostras de madeira residual do Plano de Manejo Florestal da empresa Jarí Celulose na Reserva PACANARÍ, a partir de toretes de galhadas de copa deixada pela exploração florestal com o diâmetro mínimo de 0,60 m e comprimento em torno de 2,5 m das espécies selecionadas, os quais foram serrados em formato de largas tábuas, conforme mostradas na Figura 2: A, B e C.

Figura 2: (A) Galhadas e (B e C) Cortes da galho em forma de pranchas.

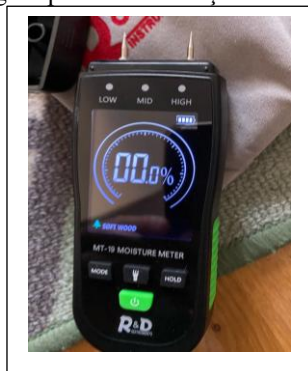


Fonte: Autor, 2023.

3.3 TEOR DE UMIDADE (%) DAS AMOSTRAS DE MADEIRA.

O teor de umidade da madeira, variável importante na construção de instrumentos musicais, foi determinado com o higrômetro digital R & d MT-19, Figura 3. Em cada peça de madeira foram feitas quatro medições com o referido aparelho de forma aleatória na superfície da madeira.

Figura 3: Higrômetro digital para determinação do teor de umidade da madeira.



Fonte: Autor, 2023.

3.4 MARCENARIAS CONSTRUTORAS DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS

3.4.1 No Município de Ananindeua

As marcenarias estão sediadas no Bairro do Distrito Industrial do Município de Ananindeua: Marcenaria (1) do Senhor Alzimar Gonçalves, localizada nas coordenadas 1°20'51 88''S 48°21'36 23''O e Marcenaria (2) do Senhor Américo Afonso localizada nas coordenadas 1°21'8.59"S 48°22'5.89"O, (Figura 4).

Figura 4: (1) Marcenaria de Alzimar Gonçalves (cortes primários) e (2) Marcenaria de Américo Afonso (cortes precisos e construção de cajón e conga tumbadora).



Fonte: Autor, 2023.

3.4.2 No Município de Santa Bárbara – PA

A Marcenaria pertencente ao luttier José Ivan, localizada na Comunidade Nova Santa Barbara, no Município de Santa Bárbara - PA, sob as coordenadas 1°13'37.66"S 48°17'45.74"O, Figura 5.

Figura 5: Marcenaria de José Ivan. Construção de instrumentos de cordas.



Fonte: Autor, 2023.

3.5 CONSTRUÇÃO DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS.

Para a construção dos instrumentos definidos neste trabalho, seguiu-se as etapas praticadas pelos fabricantes indicados no item – 7.3 (marcenarias). As peças de madeira foram selecionadas para cada instrumento e foram devidamente condicionadas a teores de umidade apropriados e completamente isentas de defeitos como rachadura, presença de nós e empenamentos. Para o aspecto de arte visual do instrumento, utilizou-se combinações de diferentes madeiras. (AZEVEDO,1978)

3.5.1 Processo de Construção do Cavaquinho

Instrumento fabricado com as espécies: Pau Amarelo (*Euxylophora paraensis*, Huber) – *tampo*; Freijó (*Cordia goeldiana*, Huber) – *caixa*; Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) – *escala e cavalete e o Marupá* (*Simarouba amara*, Aubl.) – *braço*.

Etapas:

- Corte preciso da peça de madeira para formação do corpo externo do instrumento, utilizando-se o modelo Born.
- Para fabricação da escala, que é a parte interna do instrumento, mede-se a metade superior do instrumento e, em seguida, marca-se os furos e faz-se os encaixes para as cordas.
- Após o corpo do cavaquinho pronto, faz-se o polimento e a aplicação de verniz em todo o corpo do instrumento.
- Instalação dos acessórios referentes a tarraxa de afinação, nut ou pestana e as cordas e finalização do instrumento (Figura 6). (AMBROSCH, 2006)

Figura 6: Cavaquinho finalizado.



Fonte: Autor, 2023.

3.5.2 Processo de Construção do Contrabaixo Elétrico

Instrumento fabricado com as espécies: Cedro rosa (*Cedrela odorata*, L) – *corpo*; Pau Amarelo (*Euxylophora paraensis*, Huber) – *braço e corpo*; Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) – *escala*.

Etapas:

- Seleção das espécies a serem utilizadas.
- Corte preciso das peças para formação do *corpo* e do *braço* do instrumento.
- Fazer as cavidades: Usar um cavador para desenhar as cavidades nos lados do corpo, onde serão encaixados os controles do som.
- Fazer o acabamento, aplicando-se tinta, selador e verniz em todo corpo do instrumento.

- e) Montagem dos componentes elétricos, instalação das cordas e finalização do instrumento (Figura 7). (BRÉMAUD, 2012).

Figura 7: Contrabaixo elétrico finalizado.



Fonte: Autor, 2023.

3.5.3 Processo para Construção do Violão Vazado

Instrumento fabricado com as espécies: Cedro (*Cedrela odorata*, L) – reforço; Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) – escala e corpo; Pau Amarelo (*Euxylophora paraensis*, Huber) - braço e corpo; **Freijó** (*Cordia goeldiana*, Huber) – contorno; Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) - contorno e nut.

Etapas:

- Construção do *braço* do violão com corte, moldagem e lixamento da peça de madeira.
- Adicionar os trastes das cordas, configurar e ajustar a ponte do violão.
- Instalação das tarraxas e captador de som.
- Aplicação de selador e verniz para dar acabamento brilhante, instalação das cordas e finalização do instrumento (Figura 8). (OLSON, 2005).

Figura 8: Violão vazado finalizado.



Fonte: Autor, 2023.

3.5.4 Processo para Construção da Conga Tumbadora

Para a fabricação deste instrumento foi utilizada a espécie: Cedro (*Cedrela odorata*, L).

Etapas:

- a) Corte preciso da madeira com ângulos corretos para criar a cavidade de modelo da conga.
- b) Montagem da estrutura do instrumento e lixamento das faces externas para acabamento.
- c) Instalação dos elementos metálicos (aros e pinos) para arrefecimento de som e tom produzido pelo instrumento.
- d) Acabamento com polimento e aplicação de selador e verniz e finalização do instrumento com a Instalação de material sintético resistente na superfície da conga (Figura 9). (GOMES, 2018).

Figura 9: Conga tumbadora finalizada.



Fonte: Autor, 2023.

3.5.5 Processo Para Construção Do Cajón

Para a fabricação deste instrumento foram utilizadas: *caixa*; Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) - *caixa*; Freijó (*Cordia goeldiana*, Huber) - *caixa*; Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) – *contorno*.

Etapas:

- e) Corte preciso da madeira com ângulos corretos para criar a cavidade de modelo da conga.
- f) Montagem da estrutura do instrumento e lixamento das faces externas para acabamento.
- g) Instalação dos elementos metálicos (aros e pinos) para arrefecimento de som e tom produzido pelo instrumento.
- h) Acabamento com polimento e aplicação de selador e verniz e finalização do instrumento com a Instalação de material sintético resistente na superfície da conga (Figura 10). (SILVA, 2018).

Figura 10: Cajón finalizada.



Fonte: Autor, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho não foi criar uma nova marca de mercado, mas mostrar que existe uma outra possibilidade sustentável que agregue valor à madeira, aproveitando-se matérias-primas disponíveis, ainda muito incipientes de conhecimento sobre uso de biomassa residual de exploração florestal para construção de instrumentos musicais.

4.1 TEOR DE UMIDADE DAS MADEIRAS SELECIONADAS

As madeiras estudadas apresentaram valores médios de teor de umidade variando de 9,4 a 13,17%. O menor valor foi obtido com a espécie Louro amarelo e o maior com Cedro. No Quadro 1, encontram-se os resultados de teor de umidade das sete espécies utilizadas na construção dos instrumentos musicais.

Quadro 1. Valores médios de Teor de umidade das madeiras estudadas com base no higrômetro digital.

Repetição	Cedro	Freijó	Ipê	Louro amarelo	Marupá	Muirapiranga	Pau amarelo
1	13,8	13,9	10,2	10,1	12,9	11,8	12,3
2	12,6	10,2	11,9	9,7	13,1	11,2	11,9
3	13,9	11,8	11,8	8,2	12,8	10,9	10,9
4	13,2	13,9	12,2	9,6	11,9	11,1	12,2
Média	13,4	12,5	11,5	9,4	12,7	11,3	11,7
VAR	0,363	3,230	0,809	0,687	0,283	0,150	0,463
DP	0,602	1,797	0,900	0,829	0,532	0,387	0,681
CV	4,5	14,4	7,8	8,8	4,2	3,4	5,8
Mín.	12,6	10,2	10,2	8,2	11,9	10,9	10,9
Máx.	13,9	13,9	12,2	10,1	13,1	11,8	12,2

Fonte: Autor (2023).

VAR – Variância
Mín – Mínimo

DP – Desvio Padrão CV – Coeficiente de Variação
Máx - Máximo

Na escala de Skaar (1988), sobre variação do teor de umidade da madeira, em função de condição climática do ambiente, mostra que para um ambiente com temperatura média de 25°C e

umidade relativa de 50 a 70%, a madeira pode apresentar variação de teor de umidade de 9 a 14%. Os valores obtidos neste trabalho, se encontram dentro do limite estabelecido pelo autor citado, indicando que, possivelmente, as madeiras estavam expostas em ambiente nessa faixa de condição climática.

Fonseca (2011) afirma que a estabilidade de umidade das madeiras é um fator determinante para se evitar surgimento de defeitos. Segundo Helena M.S. (2008), sempre observar durante a construção dos instrumentos musicais, desde os cortes até ao acabamento final, se a madeira está dentro do limite de teor de umidade de equilíbrio com o ambiente.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E MECÂNICAS DAS MADEIRAS TRADICIONAIS E UTILIZADAS PARA CONSTRUÇÃO DOS INSTRUMENTOS MUSICAIS.

Nos Quadros 2 e 3, encontram-se as características físicas e mecânicas das madeiras para comparação entre as madeiras tradicionalmente utilizadas no mundo para fabricação de instrumentos musicais e as espécies amazônicas selecionadas para este trabalho.

Quadro 2. Valores de Massa Específica (ρ) à 12% de umidade, Módulo de elasticidade, Flexão Estática e Dureza Janka das madeiras tradicionais para instrumentos musicais.

Nome vulgar	Nome científico	ρ a 12% TU (g/m ³)	E (GPa)	G (MPa)	Hj (N)
Acer/(Maple)	<i>Acer saccharum</i>	679	12,9	109,0	6450
Abetos europeus	<i>Abies spp</i>	405	9,7	63,0	2180
Afzélia	<i>Afzélia spp</i>	750	12,5	75,0	8051
Agathis	<i>Agathis spp</i>	450	9,0	50,0	1451
Álamo	<i>Populus spp</i>	400	8,5	81,0	1557
Aliso (ALDER)	<i>Alnus spp</i>	450	9,7	62,0	1690
Ébano	<i>Diospyros spp</i>	955	16,0	153,0	14326

ρ – massa específica (9 g/cm³) E – módulo de elasticidade G – Flexão estática
Hj – dureza Janka.
Fonte: Autor.

Quadro 3. Valores de Massa Específica (ρ) à 12% de umidade, Módulo de elasticidade (E), Flexão estática (G) e Dureza Janka (Hj) das madeiras selecionadas.

Nome vulgar	Nome científico	ρ a 12% (g/m ³)	E (GPa)	G (MPa)	Hj (N)
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	440	8,3	81,2	3138
Freijó	<i>Cordia goeldiana</i>	480	11,1	93,7	3932
Ipê	<i>Handroanthus serratifolius</i>	930	15,3	148,5	10807
Louro amarelo	<i>Ocotea rubra</i>	660	11,9	52,9	4717
Muirapiranga	<i>Brosimum paraense</i>	830	13,6	136,7	5021
Marupá	<i>Simarouba amara</i>	380	8,9	70,0	1206
Pau Amarelo	<i>Euxylophora paraenses</i>	810	9,6	126,9	7649

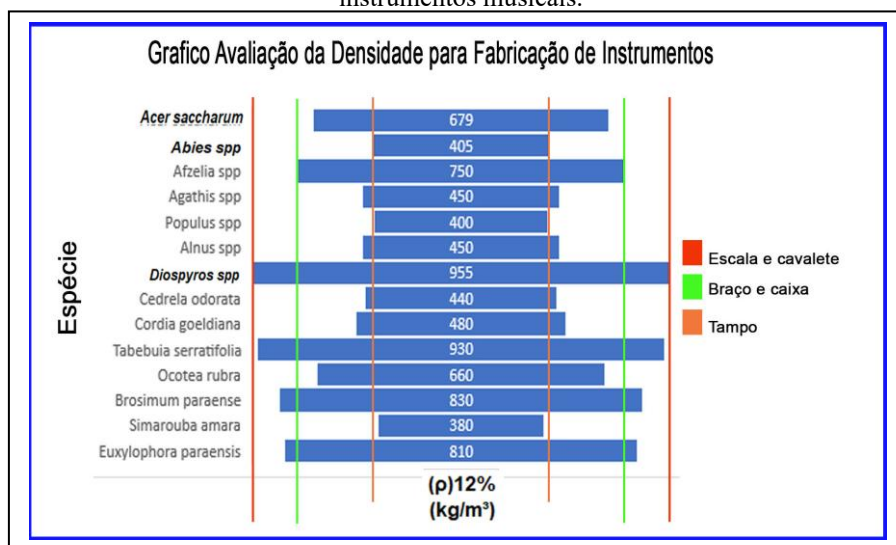
Fonte: Autor 2023. ρ – massa específica (densidade) E – módulo de elasticidade
G – Flexão estática Hj – Dureza Janka.

Fonte: Autor.

As espécies selecionadas para fabricação dos instrumentos foram definidas, levando-se em consideração os dados aproximados das características mecânicas das madeiras tradicionais.

No Gráfico 1, estão configuradas as massas específicas (densidades) das madeiras tradicionais e selecionadas referentes a biomassa residual de exploração florestal para efeito de comparação dessa propriedade.

Gráfico 1. Característica física (massa específica) das madeiras tradicionais e selecionadas para construção de instrumentos musicais.



Fonte: Autor 2023

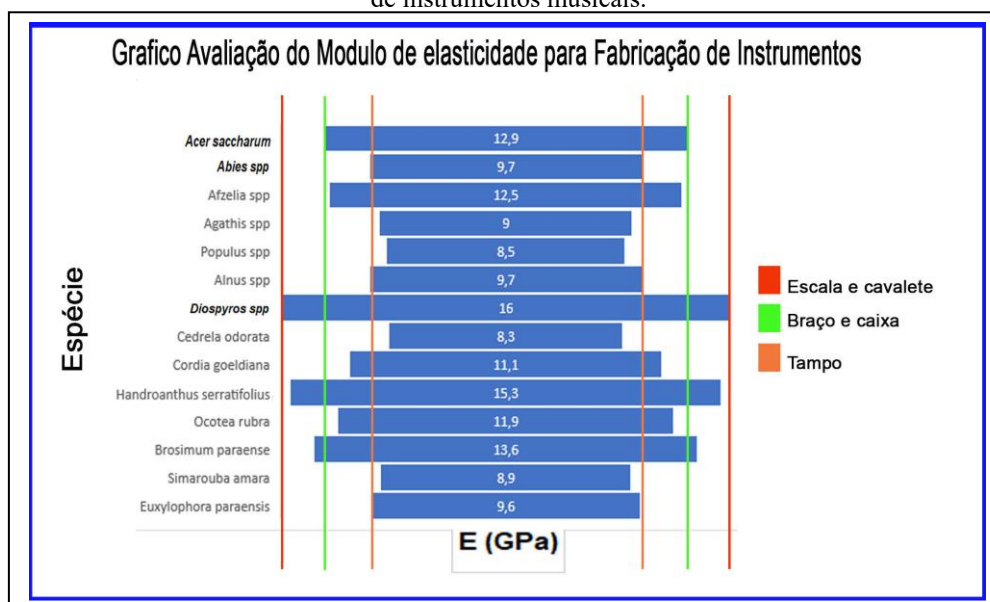
Como visto, a massa específica da espécie *Diospyros spp* (madeira tradicional) se destaca para a fabricação de *escala e cavalete*, com massa específica de 955 kg/m³. A sua substituição pode ser feita pelas espécies selecionadas como o Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) com 930 kg/m³, a Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) com 830 kg/m³ e o Pau amarelo (*Euxylophora paraensis*, Huber) com 810 kg/m³, massas específicas próximas da espécie tradicional. No que se refere a componentes, *braço e caixa de ressonância*, as espécies tradicionais *Acer saccharum* (679 kg/m³) e a *Afzelia spp* (750 kg/m³) são factíveis de substituição pelas espécies selecionadas, como Louro amarelo (*Ocotea rubra*, Huber) com (660 kg/m³), Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) com (830 kg/m³) e Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) com (810 kg/m³) pela razão da massa específica aproximada.

O componente *tampo* tradicionalmente é construído com as espécies *Abies spp* (405 kg/m³), *Agathis spp* (450 kg/m³), *Populus spp* (400 kg/m³) e *Alnus spp* (450 kg/m³), podendo ser substituídas por Freijó - *Cordia goeldiana*, Huber (480 kg/m³) e *Cedrela odorata*, L (440 kg/m³).

No Gráfico 2, identificam-se os módulos de elasticidade das madeiras tradicionais e selecionadas para construção das peças estruturais dos instrumentos. Os componentes *escala e*

cavalete, usualmente, são construídos com a espécie *Diospyros spp* com módulo de elasticidade 16 GPa, sendo substituída por Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) que tem módulo mais próximo (15,3 GPa). Na questão de *braços e caixas de ressonância* representados por espécies *Acer saccharum* (12,9 GPa) e a *Afzelia spp* (12,5 GPa) foram substituídas por espécies selecionadas que apresentaram valores mais próximos como a Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) (13,6 GPa), o Louro amarelo (*Ocotea rubra*, Huber) (11,9 GPa) e o Freijó - *Cordia goeldiana*, Huber (11,1 GPa). Quanto ao *tampo*, as espécies *Abies spp* (9,7 GPa), *Agathis spp* (9 GPa), *Populus spp* (8,5 GPa) e *Alnus spp* (9,7 GPa) foram substituídas por Cedro - *Cedrela odorata*, L (8,3 GPa) e Marupá - *Simarouba amara*, Aubl. (8,9 GPa).

Gráfico 2. Característica mecânica (Módulo de Elasticidade) das madeiras tradicionais e selecionadas para construção de instrumentos musicais.

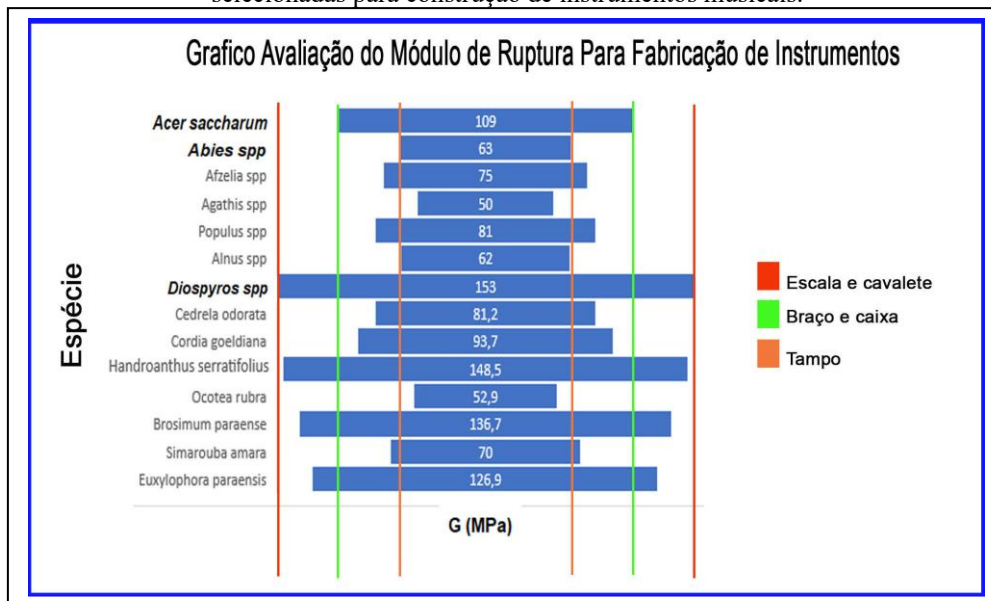


Fonte: Autor 2023

O Gráfico 3, apresentam o módulo de ruptura à flexão estática das madeiras tradicionalmente utilizadas para construção de instrumentos e das madeiras selecionadas para este trabalho.

O maior destaque das madeiras tradicionais foi para espécie *Diospyros spp* com 153 GPa e das espécies selecionadas, o Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S. Grose) com 148,5 GPa. As espécies Muirapiranga (*Brosimum paraense*, Huber) e Pau amarelo (*Euxylophora paraensis*, Huber) com valores 136,7 GPa e 126,9 GPa, respectivamente, podem também ser uma opção de substituição devido os valores mais aproximados de Ipê, porém, há necessidade de teste para confirmação dessa possibilidade.

Gráfico 3. Característica mecânica referente a resistência a ruptura de Flexão estática das madeiras tradicionais e selecionadas para construção de instrumentos musicais.

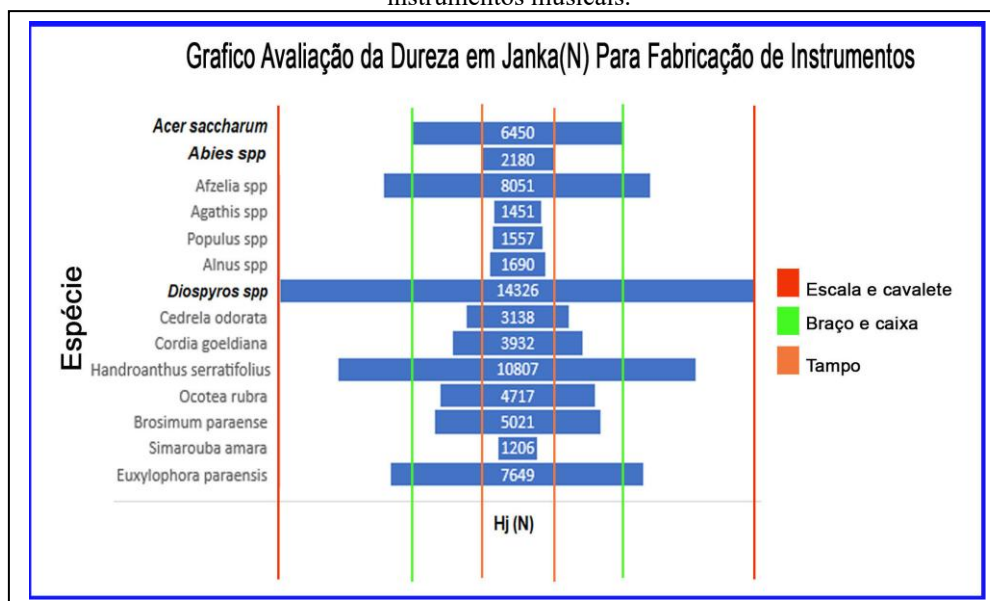


Fonte: Autor 2023

No Gráfico 4, estão mostrados a resistência à Dureza Janka de ambas as madeiras, tradicionais e selecionadas, para construção de instrumentos.

Os componentes *escala e cavalete* da madeira da espécie exótica *Diospyros spp* foi que apresentou o maior valor na escala de Dureza Janka (14.326 N). Dentre as espécies selecionadas, o Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) S.Grose) foi que apresentou a maior dureza (10.807 N), porém, cerca de 24,6% menor que a espécie tradicional. As outras espécies selecionadas tiveram valores bem inferiores à madeira tradicional. Quanto ao limite dos componentes *braço e caixa*, as espécies Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl) (10.807 N) e Pau amarelo (*Euxylophora paraenses*, Huber) (7.649 N) podem substituir as madeiras tradicionais representadas por *Acer saccharum* (6.450 N) e *Azelia spp* (8.051 N). No limite do quesito *tampo*, com exceção da madeira de Marupá (*Simarouba amara*, Aubl.) (1.206 N), as outras madeiras selecionadas podem ser inseridas como madeiras compatíveis às tradicionais.

Gráfico 4. Característica mecânica referente a Dureza Janka das madeiras tradicionais e selecionadas para construção de instrumentos musicais.



Fonte: Autor 2023

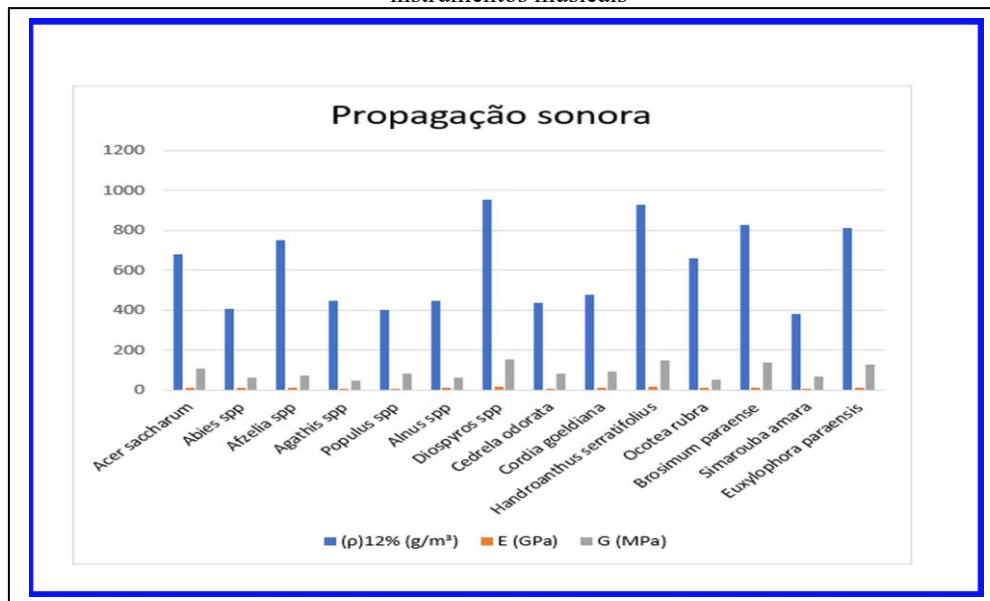
O maior destaque entre as madeiras tradicionais é a espécie *Diospyros spp* com 14.326 N. Quanto às madeiras selecionadas, o maior valor de dureza Janka foi observada com a madeira de Ipê (*Handroanthus serratifolius*, (Vahl)) com 10.807 N, porém, 24,56% menos resistente que à madeira tradicional.

Vale ressaltar que as espécies tradicionalmente utilizadas para construção de instrumentos musicais, podem ser substituídas pelas espécies selecionadas, desde que tenham módulos de elasticidades e de resistência à ruptura a esforços mecânicos, equivalentes às madeiras das espécies exóticas.

4.2.1 Propagação sonora

As madeiras do tampo apresentaram baixa densidade desta forma valores excepcionalmente altos para o coeficiente de radiação sonora, (Gráfico 5). Este resultado revela que as madeiras do tampo convertem maior quantidade de energia vibratória em som e emitem esse som em maior volume.

Gráfico 5. Características referente a propagação sonora das madeiras tradicionais e selecionadas para construção de instrumentos musicais



Fonte: Autor 2023

O amortecimento mede o grau ao qual um material dissipa energia de vibração por atrito interno, ou seja, o quão rápido será o decaimento da amplitude de vibração de um corpo após sua excitação mecânica (TEIXEIRA, 2014). Analisando essas propriedades em conjunto, observa-se que cada componente do instrumento desempenha um papel e apresenta uma relação certa, corroborando com Slooten & Souza (1993), que afirmam que o tampo, fundo, braço e lateral devem ter uma relação exata entre eles, ou seja, o fundo e lateral deverão produzir notas um tom acima das produzidas pelo tampo. De maneira geral, verificou-se que as madeiras do tampo apresentaram baixa densidade, alta velocidade de propagação do som, baixa impedância sonora, alto coeficiente de radiação do som e baixo valor de amortecimento; enquanto as madeiras do braço e cavalete apresentaram densidade de média a alta, baixa velocidade de propagação do som, alta impedância sonora, baixo coeficiente de radiação do som e alto valor de amortecimento.

Considerando que os resíduos florestais, usualmente, são destinados para outros fins, tais como lenha, carvão vegetal e outros produtos de baixo valores, certamente, o seu aproveitamento propicia para disponibilizar e transformar essa fonte de biomassa, contribuindo para geração de renda e promover a sustentabilidade de recursos florestais.

Apenas como dados referenciais, mostra-se no Quadro 4, os valores de materiais utilizados necessários para fabricação dos instrumentos, sem incluir os custos de mão de obra e da madeira residual. O maior valor de materiais foi verificado na construção de contrabaixo (R\$ 2.916,00), devido, os elevados custos dos componentes elétricos necessários, seguido por violão vazado (R\$

879,00) e congas (R\$ 876,00). Os menores valores foram de cajón (R\$ 220,00) e cavaquinho (R\$ 310,00).

Quadro 4. Custos dos materiais utilizados na fabricação dos instrumentos.

Instrumento	Materiais	Valor em R\$
Cavaquinho	Tarraxa pino grosso, cordas para cavaquinho tensão média, rastilho/nut, traste aço níquel, captação sonora acabamento/verniz/lixas, adesivo/cola.	331,00
Contrabaixo	Tensor 58cm, Tarraxa gold, cordas para contrabaixo, circuito paramétrico, captador duplo, rastilho/Nut, Strap lock, Traste aço níquel, ponte 5 cordas, bateria 9 volts duracel, acabamento/verniz/lixas adesivo/ cola/marcação em madrepérola.	2.916,00
Violão vazado	Tensor 44cm, jogo de tarraxa individuais, cordas para violão aço tensão média, rastilho/Nut, strap lock traste aço níquel bateria 9 volts duracel acabamento/verniz/lixas, adesivo/cola.	879,00
Congas	Aros ***/ peles sintéticas ***/suporte *** acabamento/verniz/lixas, adesivo/cola.	876,00
Cajón	Esteira de metal acabamento/verniz/lixas adesivo/ cola/outros materiais.	220,00

*** produtos usados, mas em boas condições de trabalho.

Fonte: Autor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os instrumentos musicais construídos com madeira de resíduos florestais gerados na extração de toras dentro do Plano de Manejo Florestal, é um processo inovador por se tratar de matéria prima que, em geral, é destinada para outros fins totalmente diferentes do que foi proposto neste trabalho de conclusão de curso.

As madeiras das espécies selecionadas podem substituir as madeiras exóticas tradicionalmente conhecidas na fabricação de instrumentos musicais, desde que tenham as propriedades equivalentes ou aproximadas das madeiras utilizadas em escala mundial.

Os instrumentos musicais fabricados, definidos em duas categorias correspondentes a instrumentos de cordas (cavaquinho, contrabaixo elétrico e violão vazado) e de percussão (congas tumbadoras e cajón) com madeiras residuais de exploração florestal apresentaram características de módulo de elasticidade e de resistência a ruptura, compatíveis às madeiras exóticas, garantindo a qualidade do produto final.

Os resíduos florestais indicam ser uma expressiva fonte de matérias-primas, não em forma bruta, mas de forma industrializada como neste caso de fabricação de instrumentos musicais propostos neste trabalho, concluindo-se que as madeiras residuais de exploração florestal podem ser aproveitadas com maior valor agregado, contribuindo, desta forma, em mais uma opção de geração aditiva de renda, além de propiciar, neste cenário, a sustentabilidade de recursos florestais.

Em especial In memoriam...

À minha mãe e o meu pai, que infelizmente já não estão entre nós, mas que sempre me ensinaram o valor do estudo, do trabalho e da perseverança. Eles são a minha inspiração e a minha motivação para buscar sempre o melhor de mim.

Sousa B. P. Jr

“Não fiquem com medo, pois estou com vocês; não se apavorem, pois eu sou o seu Deus Eu lhes dou força e os ajudo; eu os protejo com minha forte mão” (Isaias 41-10)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por este Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, o qual, foi um período de muita dedicação, estudo e desafios, mas também de muita graça, sabedoria e providência divina. Sem a ajuda de Deus, eu não teria conseguido superar as dificuldades e alcançar esse objetivo tão importante na minha vida acadêmica e profissional. Agradeço ainda por ter me dado a oportunidade de aprender, crescer e me qualificar para exercer a minha vocação com excelência. também por ter colocado pessoas abençoadas no meu caminho, que me apoiaram, orientaram e incentivaram nessa jornada. A Deus seja toda a glória, honra e louvor!

Às minhas irmãs Edna Raquel, Raimunda Nonata, Silvia Regina e Terezinha de Jesus, as quais merecem um agradecimento especial, pois sempre estiveram ao meu lado, oferecendo-me carinho, compreensão e confiança. Elas foram fundamentais para que eu pudesse superar os desafios e concluir este trabalho.

À minha esposa e filha, Adriana e Ana Clara Sousa, dedico este trabalho com amor e reconhecimento pelo seu carinho, compreensão e paciência durante todo o processo.

Ao Professor Dr. Sueo Numazawa, por todo o apoio, compreensão e orientação, ao longo do trabalho desenvolvido e, finalmente, pela leitura crítica e revisão deste TCC.

Ao Luthier José Ivan, pela total disponibilidade com que sempre me recebeu na orientação na parte relativa à construção dos instrumentos, sendo uma peça fundamental para este trabalho.

Aos marceneiros Américo Afonso e Alzimar Gonçalves que dispuseram suas marcenarias e de seus conhecimentos em me ajudar a construir os instrumentos, sem custos.

À empresa Deoliveira Bass na pessoa do Senhor Leandro Miranda e do Diretor Allan Plinio que dispuseram o último exemplar de seu circuito para este trabalho.

À Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis - PROAS/UFRA pelo apoio financeiro e médico. Em especial à pessoa do professor Antônio Vinicius Correa Barbosa, pela ajuda, compreensão e simplicidade.

REFERÊNCIAS

1. AIMEX A Associação das Indústrias Exportadoras de Madeira do Estado do Pará <https://www.aimex.com.br/#gsc.tab=0> acesso 17 de janeiro 2023.
2. ALMEIDA, E.G. Madeiras brasileiras: características e usos. Volume
3. ALVES, E.S.; LONGUI, E.L.; AMANO, E. Pernambuco wood (*Caesalpinia echinata*) used in the manufacture of bows for string instruments. *IAWA Journal*, Vol. 29 (3), 2008. Disponível em:
4. Ambrosch, Andreas. *Madeira: Tecnologia, Uso e Características*. São Paulo: Editora Oficina do Artesão, 2014.
5. Apostila de Carpintaria e Marchetaria. Disponível on-line em: http://www.renovandoemgalhas.org/renovando/renovando5/apostila_carpintaria_marchetaria.pdf
6. AZEVEDO.W. Método prático de cavaquinho. Rio de Janeiro: Irmãos Vitale, 1978.
7. BAÉZ, J., & VERGARA-BIAZ, M. L. (2013). *Madeira: Tecnologia de Processo*. Editora Elsevier. BASSANEZI, R. C., & TEIXEIRA, R. A. B. (2002). Propriedades mecânicas da madeira de oito espécies tropicais do ETEM.
8. BENNETT, B. C.; *The Sound of Trees: Wood Selection in Guitars and Other Chordophones*. *Economic Botany*, XX(X). New York: 2016. p. 1–15. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12231-016-9336-0>. Acesso em: 05.out .2022.
9. BESSA, F. M. S. Caracterização Anatômica, Física, Química e Acústica de Madeiras de Várias Espécies para a Construção de Instrumentos Musicais - Uma Aplicação à Viola Dedilhada. Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Materiais Lenho celulósicos). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa: 2000. Disponível em:
10. BLOCK, R. C. *Madeira: sua seleção e uso*. São Paulo: Edgard Blücher, 1996. Instituto de Tecnologia da Madeira Tropical (ITOMAT). "Madeira Tropical do Brasil". 2014. http://www.itomat.org.br/madeira_tropical.html. Acesso em: 28 de Setembro de 2022.
11. BRÉMAUD, I. Acoustical properties of wood in string instruments soundboards and tuned idiophones: Biological and cultural diversity. *Journal of Acoustical Society of America*. 131 (1). 2012. p. 808-818. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00808347/document>. Acesso em: 05.out .2022.
12. BUCUR, V. (2006). *Acoustics of wood*. Berlin: Springer.
13. CALIL J.C., DIAS, A. A., & Lahr, F. A. R. (2003). Madeiras brasileiras para fabricação de instrumentos musicais: caracterização tecnológica. *Scientia Forestalis*, 64(1), 102-113.
14. CARVALHO L.H E BROWN R. *A Madeira Natural: Propriedades Físicas e Meio Ambiente*. Vol.1, O Madeireiro e o Mercado das Madeiras Editora Interciência, 2006.

15. CARVALHO S.E. A madeira tropical brasileira: técnicas, propriedades e aplicações. de. Editora Manole, 2004.
16. CARVALHO; BRAVO, 2010 "O Violão Vazado: Uma Revolução Sonora" (OLSON, 2005), "Luthieria Brasileira: A Arte de Construir Violões" (e "Violonistas do Brasil:
17. CAZES, H.. Escola moderna do cavaquinho. Rio de Janeiro: Lumiar Editora, 1998.
18. COSTA, J. A. Classificação de madeiras da Amazônia para composição de instrumento musical de corda através da técnica de excitação por impulso. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2017. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/bitstream/tede/5649/5/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Joelma%20A.%20Costa.pdf>. Acesso em: 02.nov.2022.
19. Costa, P.F.D., 2008. Madeiras tropicais: espécies, conferências e uso. Editora Universitária da UFRJ, Rio de Janeiro.
20. EMBRAPA-<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55862919/manejo-florestal-por-especies-na-amazonia-e-mais-rentavel-e-sustentavel> Acesso em 10 de Janeiro 2023.
21. FENDER. (2019). Ebony fingerboards: A smooth and sleek option for your guitar or bass. <https://www.fender.com/articles/gear/ebony-fingerboards-a-smooth-and-sleek-option-for-your-guitar-or-bass>
22. FLETCHER, N. H., & ROSSING, T. D. (1998). The physics of musical instruments. New York: Springer.
23. FLORES, A. L. Análise de diferentes madeiras brasileiras em substituição às espécies tradicionais no violão clássico. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais - PIPE. Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Disponível em:
24. FONSECA, R.F.; Meireles, J.P.; Carrilho, B.T. Caracterização Física e Mecânica da Madeira de Marupá (Simarouba amara) da Amazônia Central. Revista Agrarian, vol. I, n. 5, 2011.
25. GOMES, R. F. **Pele e madeira: a sonoridade das congas tumbadoras na música brasileira**. Curitiba: Editora UFPR, 2018.
26. GORE, T. Proceedings of Meetings on Acoustics. 161st Meeting Acoustical Society of America. vol 12. 035001. Seattle, Washington. Session 3Amu, Musical Acoustics. 2011.
27. HELENA, S.M. - Madeiras utilizadas para a fabricação de instrumentos musicais Laboratório de Produtos Florestais Serviço Florestal Brasileiro – MMA
28. HERRERA, J. H. F. (2018). Contrabaixo elétrico como instrumento harmônico na visão do músico Sérgio Pereira. Monografia (Graduação em Música) - Universidade Federal de Uberlândia.
29. JANKA G. "Investigações sobre a elasticidade e resistência. Madeira, III. Abeto dos Cárpatos, da Floresta Boêmia, da Floresta Ternovan e dos Alpes Centrais" 1864 – 1932.

30. KÚDELA, J.; KUNŠTÁR, M. Physical-acoustical characteristics of maple wood with wavy structure. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Forestry and Wood Technology*. No 75, 2011: p 12-188.
31. LEAVITT, William - The Twelve System for Electric Bass
32. LEAVITT, William A Modern Method for Guitar (Um Método Moderno para Guitarra) et all 2001
33. LIMA, F. P. G.; COELHO, L. G. Madeira Pau Amarelo: matéria prima disponível e de grande valor para custos baixos. Disponível em <http://www.tcc.engenharia.ufcg.edu.br/tcc_arquivos/ManuscriptOPT/Tcc%202018_858050.pdf>. Acesso em 11 out de 2022.
34. MAIA, D. Método brasileiro de cavaquinho. Brasília: Clave Editora Musical Ltda., 2010.
35. MARTIN GUITAR. (2018). Rosewood guitars: What you need to know. <https://www.martinguitar.com/about/martin-story/journal/rosewood-guitars-what-you-need-to-know/>
36. MARTIN, D.R., 2011. Ferramentas de marcenaria e carpintaria. Editora Elsevier, Londres.
37. NELORE, 2004; 2. BARBOSA, M.A. ; N. Sousa., F.G. Madeiras brasileiras. Editora UFLA, 2008;
38. OLIVEIRA A. E. D, FARIA D & SILVA S. D Guia da madeira: atlas de identificação de madeiras preciosas tropical e temperada... Editora Planta, 2011.
39. OLIVEIRA R. A., SOUZA I. P. JR., MIRANDA H A A, SANTOS, OLIVEIRA F H, C.A. P., SOUZA A. A. S "Características Mecânicas e Físicas da Madeira de Freijó Cordia Goeldiana", *Revista Científica Eletrônica (Cuiba/GO)*, ISSN 2176-1122 Printed and Digital ISSN 2318-4389 Digital.
40. OLIVEIRA, L. K. Resistência mecânica da madeira: estudo da variação mediante ação do fogo. 2012. Trabalho de Diplomação (Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012
41. PERRONE, Luciano. Método completo para cavaquinho. São Paulo: Irmãos Vitale, 2003.
42. R B, SCANAVACCA, BARRETO A C, PEREIRA W, X., AKEMI S., ABE, MIRANDA E. C, "Ecology and Utilization of Cordia Goeldiana (Freijo ISSN 2197-8462)", Printed and Digital ISSN 2197-5354 Digital (Impresso e Digital);
43. SANTOS, L. F. Cajon: história, cultura e resistência. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em História). Universidade Estadual Paulista - UNESP (São Paulo/SP), 2019.
44. SANTOS, M. A. dos. **A arte de tocar congas: um guia prático para iniciantes e avançados**. Rio de Janeiro: Editora Som, 2015.

45. SILVA, J. A. O cajon na música brasileira: técnicas, timbres e possibilidades. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Música). Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (Rio de Janeiro/RJ), 2018.
46. SILVA, J. L. da. ****Congas tumbadoras: história, técnica e ritmos****. São Paulo: Editora Musical, 2010.
47. SILVA, J. P., SANTOS J. MILTON ; OLIVEIRA, 1966, p. 139 cavaquinho no Brasil: origem, história e transformações. Revista Música Hodie, Goiânia, v. 15 n. 2 , p. 71-83 , 2015.