



Análise comparativa entre espécies amazônicas e tradicionais destinadas à fabricação de violões

Comparative analysis between Amazonian and traditional species destined to the guitars manufacture

David Guilhon, Universidade Ceuma.

david.guilhon@ceuma.br

Karoline de Lourdes Monteiro Guimarães, Universidade Ceuma.

kkguimaraes@hotmail.com

Luís Antônio Serrão Sousa, Universidade Ceuma.

luisd.esign@outlook.com

Resumo

Tendo em vista a escassez de materiais e seu alto custo de produção, a busca por madeiras regionais alternativas para instrumentos musicais tornou-se uma crescente em termos de pesquisa nos últimos anos. Este artigo tem por objetivo a análise comparativa entre espécies tradicionais e madeiras da Amazônia maranhense voltadas para a produção de violões. Foram analisadas as propriedades físicas e mecânicas, tendo como base comparativa o Método de Wegst, adequando-as para cada parte do instrumento. As características analisadas para formar os gráficos foram a densidade e o módulo de elasticidade, consideradas preponderantes para tal estudo. Outras propriedades também foram consideradas como elementos de avaliação, tais como as contrações tangenciais, radiais e volumétricas, bem como o módulo de ruptura e dureza Janka. Como resultados, percebeu-se que o Jatobá é indicado para o uso em fundo, laterais, escala e cavalete, a Tatajuba, pode parcialmente ser aplicada em escala e cavalete. Por fim, o Cumaru não se enquadrou dentro dos parâmetros analisados, tornando-se, dessa forma, inapto para a utilização.

Palavras-chave: Violão, Madeiras amazônicas, Método de Wegst.

Abstract

Due to the scarcity of materials and its high cost of production, the demand for alternative regional woods for musical instruments has become a growing research in recent years. This paper aims at the comparative analysis between traditional species and woods from the Maranhão Amazon region focused on the production of guitars. The physical and mechanical properties were analyzed, using the Wegst Method as a comparative basis, adapting it to each part of the instrument. The characteristics analyzed to form the graphs were the density and modulus of elasticity, considered preponderant for this study. Other properties were also considered as evaluation elements, such as tangential, radial and volumetric shrinkages, as well as the modulus of rupture and Janka hardness. As results, it was noticed that the Courbaril is fit for the use in back, sides, fretboard and bridge, the Tatajuba can be partially applied in fretboard and bridge. Finally, Tonka or Kumaru did not fit within the analyzed parameters, making it unfit for use.

Keywords: Guitar, Amazonic wood, Wegst method.

1. Introdução

A música está presente na vida do homem desde tempos remotos. Morais (2000) descreve que os sons e ruídos do cotidiano humano o acompanham diariamente, metaforicamente como uma autêntica trilha sonora de suas vidas. Uriarte e Nunes (2012) enfatizam sua importância ao falar que tal arte não pode ser considerada um mero ornamento, pois a música chega a ponto de constituir um fator social abrangente e presente em diversas culturas.

Dessa forma, a forte presença da música tem desdobramentos nos aspectos socioeconômicos de um povo, pois a economia cultural movimenta uma região, despontando para novas formas de trabalho, além das oportunidades ofertadas (LOSSIO; PEREIRA, 2007).

Brémaud (2012) destaca que, além da ampla difusão dos instrumentos ocidentais por todo o planeta, há uma enorme diversidade de instrumentos que são encontrados em diferentes áreas geoculturais. Este sugere que muitos deles compartilham de uma mesma origem, distanciando-se ao longo do tempo por diversos caminhos de ordem geohistóricas, relacionadas à flora local e às culturas musicais e artesanais.

Para Bennett (2016), o violão está entre os instrumentos mais populares do mundo. Mesmo apresentando variações no formato (desde pequenas modificações até mudanças radicais na estrutura ou o uso de captação elétrica), o mesmo autor lembra que a madeira ainda é o componente crucial. Brémaud (2012) ressalta que, enquanto material constitutivo de muitos instrumentos musicais, a madeira desempenha um papel importante na fase projetual e de fabricação destes, influenciando nos atributos interface musical e na identidade cultural.

Constituído primordialmente de madeira, cada segmento de um violão desempenha uma função e, conseqüentemente, demanda características específicas do material, sendo comum o uso de diferentes madeiras em um mesmo instrumento.

Um dos envolvidos neste cenário são os fabricantes de instrumentos musicais: os *luthiers*¹ e as fábricas. Dentro do contexto produtivo, Sproßmann et al. (2017) alegam que para uma madeira tropical como o Ébano ou Jacarandá, por exemplo, obterem as propriedades desejadas para a produção de instrumentos musicais, tais como a estabilidade dimensional, alta rigidez, elevada ressonância e excelentes nuances de cor, elas devem ficar estocadas por décadas. Os mesmos autores ressaltam que, além dos altos custos recorrentes de tal preparo do material, a disponibilidade da matéria-prima é significativamente reduzida.

Diante deste cenário, este artigo tem como objeto de estudo a análise comparativa entre espécies nativas da Amazônia maranhense e espécies tradicionalmente utilizadas

¹ Para Almeida e Pires (2012, p.72), luthier ou lutier é "o profissional que trabalha na construção artesanal e restauração de instrumentos musicais".

para a fabricação de violões, pautadas em propriedades mecânicas descritas na literatura.

A realização de pesquisas acerca das características tecnológicas das madeiras tropicais mostra-se relevante, de modo a proporcionar um melhor desempenho dos materiais conforme função de cada segmento de um instrumento musical, uma vez que pode influenciar no som gerado como resultado final.

2. O violão

A presença do violão na história humana é antiga. Sabe-se, contudo, conforme Alves (2015), que não existem dados precisos sobre a gênese do instrumento. O mesmo segue uma explanação sobre sua origem linguística, sendo esta derivada de idiomas asiáticos como o sânscrito, bengali, hindi, urdu e persa moderno. O termo *târ* corresponde à palavra corda. Como prefixo, a quantidade destas em sânscrito/ persa definiam o nome do instrumento: *dvi/do* (duas), *tri/se* (três), *chatur/char* (quatro) e *pancha/panj* (cinco). Portanto, há evidências de que o *char'târ* persa tem relação histórica com o *sitar* iraniano, bem como o *kithar* grega, o *qitar* árabe e a guitarra espanhola. Fato que justifica o termo inglês *guitar* (BENNETT, 2016).

Para Rossing (2010), o moderno violão de seis cordas descende da *vihuela* espanhola do século XVI. Foi o *luthier* espanhol Antonio de Torres Jurado (1817-1892) que ofertou a maior contribuição para o formato atual, aumentando o corpo e introduzindo uma estrutura em leque para a porção interna do tampo (ROSSING, 2010; BENNETT, 2016), bem como à construção de tampo e fundo planos, além de lados encurvados (NCUBE; MASILINGA, 2017). Tal intervenção resultou em ganho de volume, tom, ressonância e projeção.

Dessa forma, a atual configuração do violão é apresentada pela presença de um corpo acústico semelhante ao de um violino, um longo pescoço afilado (braço) e a presença de um conjunto de 4 a 18 cordas, sendo mais conhecida a versão com 6 cordas (WADE, 2001; BENNETT, 2016; NCUBE; MASILINGA, 2017). Aço ou *nylon* são os tipos de materiais diferentes para as cordas, onde estas podem ser tocadas com o auxílio de acessórios, como palhetas ou plectos, ou mais comumente, pelos dedos do instrumentista. Ncube e Masilinga (2017) explicam que enquanto as cordas são tocadas, estas são simultaneamente pressionadas contra os trastes com a outra mão, tendo o som resultante amplificado por uma caixa ressonante. Os mesmos autores frisam que tal som do instrumento é projetado acusticamente ou por meio de amplificação elétrica, como ocorre em uma guitarra elétrica.

Ao explorar a anatomia do violão, observa-se que ele é dividido em algumas partes. Garcia (2011) cita as três principais que correspondem à mão ou cabeça, o braço e o corpo. Na cabeça são colocadas as tarraxas – auxiliam na afinação das cordas -, no braço descem as cordas sobre as escalas – peças de madeira que garantem diferentes

tons musicais - e a cabeça, que corresponde à parte de maior volume e relevância por se tratar da caixa acústica, composta pelo tampo, laterais, fundo, cavalete - serve de sustentação para as cordas - e a abertura (SOARES, 2014). Para este estudo, foram selecionados o braço, a escala, o cavalete, o tampo, o fundo e as laterais para a análise comparativa, por isso foram destacados na Figura 1.

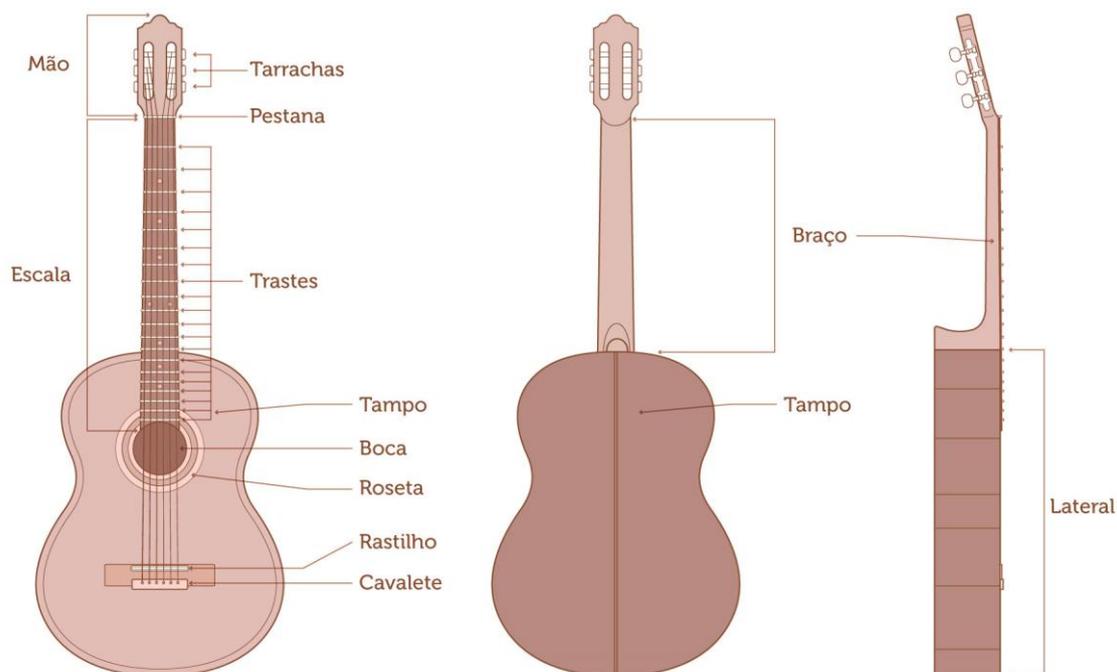


Figura 1: Alguns componentes do violão. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

Mesmo com o avanço tecnológico, como apontam Ncube e Masilinga (2017), a madeira continua sendo a principal opção para as principais partes para fabricação de instrumentos musicais, sobretudo as partes vitais. Portanto, a seleção do material para estes produtos deve ser pautada na verificação de suas propriedades anatômicas, mecânicas e acústicas (ARAMAKI *et al.*, 2007; BENNETT, 2016; BRÉMAUD *et al.*, 2008; WEGST, 2006).

Portanto, faz-se necessário um novo olhar para as madeiras nativas adequadas ao uso em instrumentos musicais, pois, para Carreira *et al.* (2012), é preciso conhecer as propriedades físico-mecânicas para que ocorra um melhor e razoável uso do material. Tal fato é corroborante com os requisitos projetuais do *Ecodesign*, que são pautados nos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Dessa maneira, tal tríade corresponde à base para as ações estratégicas que o *designer* deve projetar artefatos que sejam competitivos, custem menos em termos de energia, materiais e processos produtivos e que possam, segundo Cavalcante *et al.* (2012), corresponder aos anseios da dignidade social das gerações.

Gore (2011) destaca que tipos de madeiras específicas possuem atributos próprios que os tornam mais adequados para a fabricação de componentes específicos do violão. Dois pontos importantes a serem observados dizem respeito à estabilidade dimensional e densidade do elemento, uma vez que podem deformar com o uso prolongado ou influenciar no resultado do som. Pautada nessas duas propriedades, foi organizada a Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades desejáveis do material do violão. Fonte: Adaptado de Soares (2014).

PROPRIEDADES DESEJÁVEIS DO MATERIAL CONFORME PARTES DO VIOLÃO		
PARTES DO VIOLÃO	Estabilidade dimensional	Densidade
Tampo		Elevada
Fundo e laterais		Elevada
Braço	Elevada	Média
Escala		Elevada
Cavalete	Elevada	Elevada

Gore (2011) frisa que o tampo é a principal superfície de propagação do som do violão, sobretudo porque todos os demais componentes exercem influência nele (BENNETT, 2016). O referido autor versa que madeiras com baixa densidade respondem ativamente melhor à excitação das cordas, produzindo, portanto, violões com maior volume sonoro. Bower (2008) reforça que o tampo deve resistir à tração sem apresentar distorção e, ao mesmo tempo, ser capaz de vibrar como um diafragma.

As espécies utilizadas para as laterais do violão precisam ser macias, pois serão submetidas à dobragem, quando moldadas a partir de métodos tradicionais de fabricação, como defende Gore (2011). Tal coisa não se aplica ao fundo do violão. A parte traseira, por sua vez, tem sua espessura por ser uma placa sonora, definida pela escolha da madeira, que é orientada pela densidade e tipo de resposta sonora que tal parte pode ofertar. Muitos *luthiers* optam por madeiras com grande densidade, como a *Dalbergia spp*, e com metade da espessura de uma madeira de média densidade (GORE, 2011; BENNETT, 2016). Tal escolha resulta em placas traseiras frágeis. Portanto, Gore (2011) sugere que sejam utilizadas madeiras que possuam a faixa de densidade situada entre 550kg/m³ e 800kg/m³, julgando mais convenientes para trabalhar.

Para Gore (2011), o braço precisa ser forte e rígido, bem como ter estabilidade dimensional. O autor apresenta, ainda, que tal parte precisa resistir mais à flexão e à compressão. Ademais, a estabilidade dimensional a longo prazo e a fácil trabalhabilidade são outras propriedades exigidas para um bom braço de violão.

Bennett (2016) relata que a escala de um cordófone² influencia indiretamente na qualidade do som, pois, juntamente com o tensor, torna o braço mais duro. Para a escala de um violão, as propriedades desejadas são a dureza, a resistência à abrasão e estabilidade dimensional. Tais grandezas estão associadas, como afirma Gore (2011), à alta densidade da madeira e à alta rigidez.

Gore (2011) afirma que o cavalete no violão executa muitos trabalhos. Pois, além de segurar o rastilho (parte que ajuda a sustentar a afinação do instrumento), ele é responsável por fixar as cordas na caixa acústica e, como defende Bower (2008), transferir diretamente as vibrações destas para o tampo. Diante desta multifuncionalidade, a ponte apresenta como requisitos de fabricação uma madeira de elevada densidade, como quer Bennett (2016), bem como com grandes índices de dureza e resistência.

Costa (2017) apresenta que durante séculos artesãos e fabricantes ainda são bastante conservadores nas escolhas das madeiras empregadas em diferentes componentes de um instrumento musical. Apesar do uso tradicional de madeiras europeias, a incorporação de muitas das novas espécies ocorre por conta da escassez e dos altos custos de produção do Jacarandá brasileiro e do Mogno hondurenho (BENNETT, 2016).

Diante desse cenário, observam-se o desenvolvimento de pesquisas dentro e fora do Brasil sobre o uso de espécies alternativas e/ou nativas para a projeção de cordófonos. Trabalhos como o de Longui (2009), Portela (2014), Flores (2015) e Costa (2017) mostram a relevância do tema no contexto nacional. Do mesmo modo, as pesquisas de Bessa (2000), Wegst (2006), Yoshiwaka et al. (2008), Teles (2016) e Ncube e Masilinga (2017) apontam tal temática também como uma preocupação mundial.

3. Materiais e métodos

Esta pesquisa traça um estudo comparativo entre madeiras tradicionalmente utilizadas e madeiras nativas da Amazônia maranhense. As espécies tradicionais adotadas estão pautadas nos estudos de Bennett (2015) e Ncube e Masilinga (2017). Tais literaturas sugerem o uso dessas espécies para as partes do violão. Neste artigo, a nomenclatura descrita por Zaczéski *et al.* (2018) corresponde ao tampo (T), o fundo e as laterais (FL), o braço (B), a escala (E) e o cavalete (C). Outros autores, como Nahuz et al. (2013), apontam as madeiras nativas estudadas. Tal terminologia corresponde à tradução dos termos utilizados no trabalho de Ncube e Masilinga (2017) que a descreve na mesma ordem como: *soundboard* (S), *back and sides* (BS), *neck* (N), *fretboard* (F) e *bridge* (Br).

² Pires Filho (2009) alega que cordófonos são, conforme a organologia proposta pelo sistema Hornbostel-Sachs de classificação, instrumentos de cordas cujo som é obtido pela vibração das cordas, tensionadas diretamente pelos dedos ou com o auxílio de algum artefato que as percutem (martelos), friccionam (arcos) ou ressoam (plecto). Dentre eles encontram-se o violão, a guitarra elétrica, o contrabaixo, violino, viola, cavaquinho, violoncelo, cravo e piano.



Os atributos físico-mecânicos avaliados seguem conforme a literatura da área (WEGST, 2006; YOSHIKAWA et al., 2008; KÚDELA; KUNŠTÁR, 2011; BENNETT, 2016, SPROßMANN et al., 2017). As propriedades que norteiam a análise em termos físicos são as retrações tangenciais (Tan), radiais (Rad) e volumétricas (Vol). Enquanto as características sob os aspectos mecânicos são a densidade (ρ), módulo de elasticidade (E), módulo de ruptura (G) e dureza Janka (Hj).

4. Resultados e discussões

Foram utilizadas como objetos de pesquisas vinte (20) espécies tradicionais e três (3) espécies nativas da Amazônia maranhense, as quais foram dispostas em tabelas diferentes.

Na Tabela 2, é possível observar as propriedades físico-mecânicas de algumas madeiras tradicionais descritas pela literatura. Para realizar a análise dessas propriedades, as madeiras foram organizadas e distribuídas seguindo um critério. O critério estabelecido foi a parte do instrumento que a madeira é utilizada – parâmetro este que foi também respeitado para discutir pontualmente os dados destas espécies em comparação com as nativas da Amazônia do Maranhão.

Tabela 2: Tabulação das propriedades físico-mecânicas das espécies tradicionais para o violão. Fonte: Guilhon et al (2018).

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DAS MADEIRAS TRADICIONAIS								
PARTES DO VIOLÃO	ESPÉCIES	FÍSICAS			ρ (kg m ³)	MECÂNICAS		
		Contração (%)				E (GPa)	G (MPa)	Hj (N)
		Tag	Rad	Vol				
Tampo	<i>Piceas abies</i> (Abeto da Noruega ou Pinho-alemão)	8,2	3,9	12,9	405	9,7	63	1680
	<i>Piceas sitchensis</i> (Espruce-de-Sitka)	4,3	7,5	11,5	425	11,03	70	2270
	<i>Pinus engelmannii</i> (Elgelmann)	3,8	7,1	11	385	9,44	62,2	1740
	<i>Albies albes</i> (Abeto de prata)	4	8,7	12,8	415	8,28	66,1	1420
	<i>Dalbergia nigra</i> (Jacarandá do Brasil)	2,9	4,6	8,5	835	13,93	135	12410
Fundo e laterais	<i>Dalbergia nigra</i> (Jacarandá do Brasil)	2,9	4,6	8,5	835	13,93	135	12410
	<i>Dalbergia latifolia</i> (Jacarandá indiano)	2,7	5,9	8,5	830	11,5	114,4	10870
	<i>Swietenia macrophylla</i> (Mogno brasileiro)	2,9	4,3	7,5	590	10,06	80,8	4020
	<i>Swietenia mahogani</i> (Mogno)	3	4,6	8	600	9,31	74,1	4120
	<i>Acacia koa</i> (Acácia)	5,5	6,2	12,4	610	10,37	87	5180



Braço	<i>Cordia odorata</i>	4,1	6,2	10,2	470	9,12	70,8	2670
	<i>Acer saccharum</i> (bordo-açucareiro)	4,8	9,9	14,7	610	12,62	109	6450
	<i>Dalbergia latifolia</i> (Jacarandá indiano)	2,7	5,9	8,5	830	11,5	114,4	10870
	<i>Swietenia macrophylla</i> (Mogno brasileiro)	2,9	4,3	7,5	590	10,06	80,8	4020
	<i>Acer saccharum</i> (bordo-açucareiro)	4,8	9,9	14,7	610	12,62	109	6450
	<i>Swietenia mahogani</i> (Mogno)	3	4,6	8	600	9,31	74,1	4120
	<i>Cordia odorata</i>	4,1	6,2	10,2	470	9,12	70,8	2670
	<i>Pterocarpus soyauxii</i>	3,3	5,2	7,6	745	11,72	116	8760
	<i>Peltogyne spp</i> (Pau-roxo)	3,8	6,4	10,6	905	20,26	151,7	11190
	<i>Juglans nigra</i> (Nogueira-preta)	5,5	7,8	12,8	610	11,59	100,7	4490
Escala	<i>Guibourtia demeusei</i> (Bubinga)	6	8,2	13,9	840	18,41	168,3	10720
	<i>Dalbergia nigra</i> (Jacarandá do Brasil)	2,9	4,6	8,5	835	13,93	135	12410
	<i>Dalbergia latifolia</i> (Jacarandá indiano)	2,7	5,9	8,5	830	11,5	114,4	10870
	<i>Diospyros ebenum</i> (Ébano do Ceilão)	5,4	8,8	14,3	915	14,07	128,6	10790
	<i>Acer saccharum</i> (bordo-açucareiro)	4,8	9,9	14,7	610	12,62	109	6450
	<i>Diospyros crassiflora</i> (Ébano africano)	8,3	11,2	19,6	955	16,89	158,1	13700
	<i>Diospyros celebica</i> (Ébano Makassar)	-	-	-	1120	17,35	157,2	14140
Cavalete	<i>Guibourtia demeusei</i> (Bubinga)	6	8,2	13,9	840	18,41	168,3	10720
	<i>Diospyros crassiflora</i> (Ébano africano)	8,3	11,2	19,6	955	16,89	158,1	13700
	<i>Diospyros celebica</i> (Ébano Makassar)	-	-	-	1120	17,35	157,2	14140
	<i>Diospyros ebenum</i> (Ébano do Ceilão)	5,4	8,8	14,3	915	14,07	128,6	10790

Para o tampo, por exemplo, são utilizados o Pinheiro-da-noruega (*Picea abies*), o Espruce-de-Sitka (*Picea sitchensis*), o pinheiro Pinus (*Pinus engelmannii*), o Abeto-branco (*Abies alba*) e o Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*), por isso são apresentadas as suas características físicas e mecânicas.

Quanto às espécies nativas, foram analisadas o Cumaru (*Dipteryx odorata*), o Jatobá (*Hymenaea spp*) e a Tatajuba (*Bagassa guianensis*), com base nos dados apresentados no estudo de Nahuz et al. (2013), organizados na Tabela 3.

Tabela 3: Tabulação das propriedades físico-mecânicas das madeiras nativas. Fonte: Adaptado de Nahuz et al. (2013).

PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE MADEIRAS DA AMAZÔNIA MARANHENSE							
ESPÉCIES	FÍSICAS			MECÂNICAS			
	Contração (%)			ρ (kg/m ³)	E (GPa)	G (MPa)	Hj (N)
	Tag	Rad	Vol				
<i>Dipteryx odorata</i> (Cumaru)	8,2	5,3	13,6	908	19,306	59,3	9787
<i>Hymenaea spp</i> (Jatobá)	7,2	3,1	10,7	800	14,837	131,6	11180
<i>Bagassa guianensis</i> (Tatajuba)	7,1	5,5	11,4	683	17,304	54,4	7208

Quanto às espécies nativas, foram analisadas foram o Cumaru (*Dipteryx odorata*), o Jatobá (*Hymenaea spp*) e a Tatajuba (*Bagassa guianensis*), com base nos dados apresentados no estudo de Nahuz et al. (2013), organizados na Tabela 3.

Diante desses dados, optou-se pela sugestão de análise de propriedades feitas por Wegst (2006), onde foi traçado o módulo de elasticidade (E) e a densidade (ρ) em eixos diferentes de um gráfico de dispersão. O referido autor usava tal caminho como forma de demonstrar a usabilidade das madeiras para diferentes instrumentos musicais. Tal metodologia apresenta-se como útil em uma análise mais apurada (BENNETT, 2016). Por fim, essas duas propriedades, para Portela (2014), determinam a principal caracterização acústica de um material. A Figura 2 ilustra a relação entre tais características e como são percebidas para cada parte do instrumento de corda, como sugere Bennett (2016).

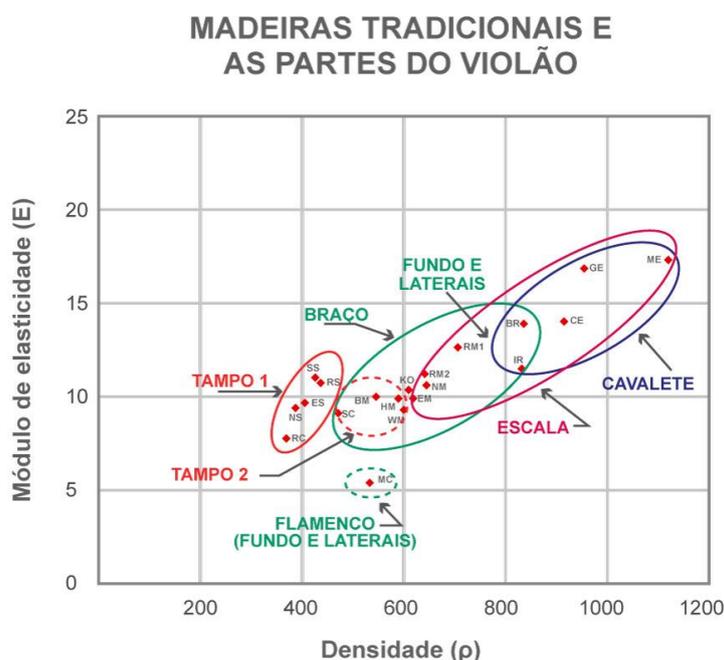


Figura 2: Módulo de elasticidade \times densidade de madeiras tradicionais para violão, prevendo a aplicabilidade em cada parte do instrumento. Fonte: Adaptado de Bennett (2015).

É possível observar, por exemplo, que o módulo de elasticidade (E) deve ser menor para o tampo do que para o cavalete, ao passo que a densidade (ρ) acompanha a mesma dinâmica. Esta análise é fundamental para a escolha adequada da madeira. Isto significa, por exemplo, que a madeira utilizada para o cavalete deve ser mais maleável e mais leve que a madeira do tampo.

Os gráficos apresentam resultados acerca dos materiais, conforme cada parte do corpo do violão. Para todos os gráficos, foram trabalhados os seguintes padrões: as espécies tradicionais estão com losangos vermelhos e as maranhenses com azuis, onde nestas últimas o *Dipteryx odorata* (Cumaru) é um triângulo, o *Hymenaea spp* (Jatobá) é representado por um quadrado e o *Bagassa guianensis* (Tatajuba) é ilustrado por um círculo.

4.1 Tampo

Com a Figura 3, é possível observar como as espécies da Amazônia maranhense possuem o módulo de elasticidade (E) maior que as madeiras tradicionais para o tampo. Dentro do espectro para tal parte, o Jatobá apresenta valores mais próximos, sendo semelhantes ao do Jacarandá da Bahia (*Dalbergia nigra*), ainda que seu valor do módulo de elasticidade (E) tenha sido maior em comparação com as demais amostras tradicionais (*Picea abies*, *Picea sitchensis*, *Piceas engelmannii* e *Abies alba*).

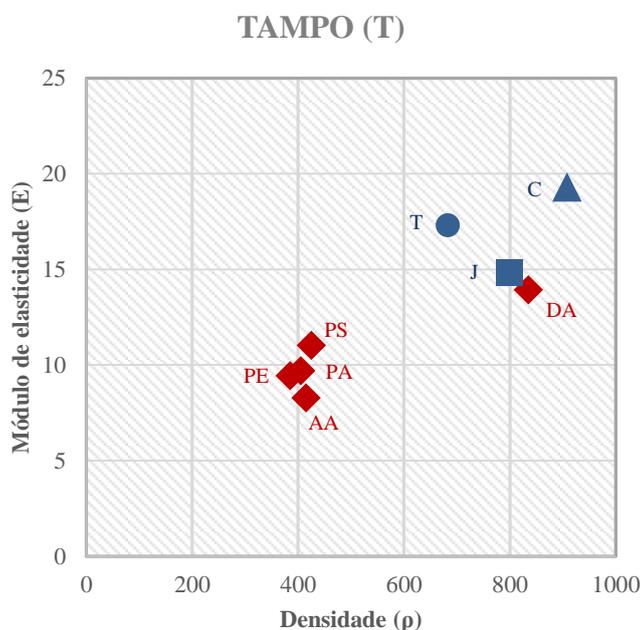


Figura 3: Aplicação do Método de Wegst (2006) com espécies tradicionais e nativas para o tampo do violão. Onde: PA=*Piceas abies*; PS=*Piceas sitchensis*; PE=*Pinus engelmannii*; AA=*Abies albes*; DA=*Dalbergia nigra*; C=Cumaru; J=Jatobá; T=Tatajuba. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

Em relação às demais características da madeira, Nahuz et al. (2014) apontam o *Hymenaea spp* (Jatobá) como uma espécie com resistência média a alta ao ataque de organismos xilófagos. Acrescentam que é moderadamente fácil de trabalhar e que pode ser aplainada, colada, parafusada e pregada sem problemas; além de fornecer bom acabamento e ser passível de pintura, envernizamento e lustração. Se comparada com o Jacarandá do Brasil, que também apresenta excelente resistência ao ataque de agentes biológicos e com boa relação à colagem (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010), o Jatobá pode ser um potencial substituto dessa espécie, uma vez que possui propriedades físicas e mecânicas muito parecidas com as da *Dalbergia nigra* (Tabelas 2 e 3). Outro fator que reforça essa hipótese é de que o Jacarandá do Brasil se encontra ameaçado de extinção (NCUBE; MASILINGA, 2017), sendo proibido o seu uso pela indústria e sua comercialização é monitorada mundialmente (PORTELA, 2014).

Como aspectos gerais, Teles (2004) defende que o tampo deve ser fabricado com madeiras não muito pesadas, ou seja, de densidade moderada, com baixo peso específico, alto módulo de elasticidade, grã direita, boa trabalhabilidade, boa estabilidade dimensional e também boa para colagem e com bom acabamento final.

O Cumaru, segundo Nahuz et al. (2013), possui densidade alta, é dura ao corte, possui grã reversa e tem alta resistência a ataques biológicos. Apresenta trabalhabilidade difícil (apesar do excelente acabamento no torneamento), pois o acabamento é ruim usando plaina e lixa. Além disso, a colagem e a perfuração são difíceis. Diante do exposto por Teles (2004), o *Dipteryx odorata* não se enquadra como madeira para o tampo, apesar de ser indicado para partes decorativas de móveis de alta qualidade.

Já a Tatatuja, apresenta densidade média, é moderadamente dura ao corte, possui grã reversa e considerável resistência a ataques biológicos (NAHUZ et al., 2013). É fácil de ser trabalhada, obtendo-se ótimo acabamento. Essas informações, seu elevado módulo de elasticidade (E), mesmo em relação às madeiras tradicionais, e demais indicadores da Tabelas 2 sugerem que o *Bagassa guianensis* pode ser considerada como uma alternativa para tampos.

4.2 Fundo e laterais

O gráfico da Figura 4 já traz uma maior aproximação entre os dois tipos de madeiras, se comparadas com o que foi visto na Figura 3. Novamente a Tatajuba e o Jatobá se mostram mais próximos das espécies tradicionais, sobretudo de *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia), *Dalbergia latifolia* (Jacarandá da Índia) e *Acer saccharum* (Bordo açucareiro).

A comparação entre as tabelas aponta proximidade entre os dois tipos de Jacarandá e as duas madeiras maranhenses. Os requisitos para uma espécie ser apta para o fundo são parecidos com o do tampo, em vários aspectos. A madeira do fundo do violão não pode ser muito pesada. Ela não apresenta restrições em relação às propriedades mecânicas.

Deve fornecer bom acabamento, boa trabalhabilidade, boa estabilidade dimensional e ser boa para colagem (TELES, 2004).

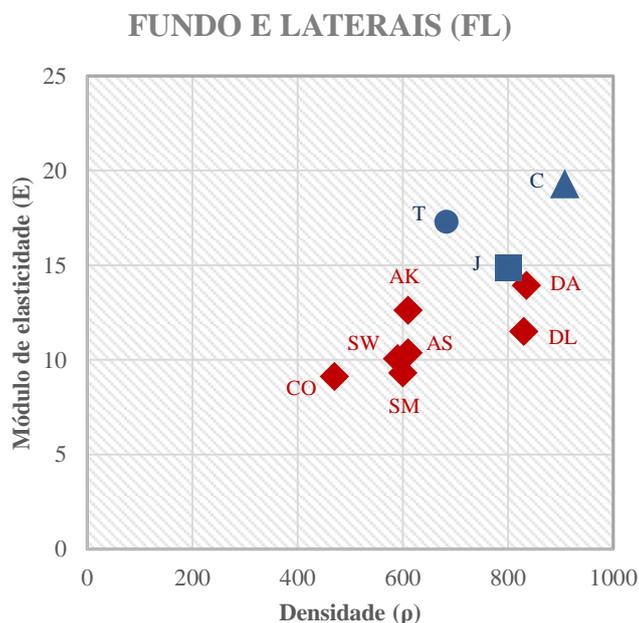


Figura 4: Aplicação do Método de Wegst (2006) com espécies tradicionais e nativas para o fundo e as laterais do violão. Onde: DA=Dalbergia nigra; DL=Dalbergia latifolia; SW=Swietenia macrophylla; SM=Swietenia mahogani; AK=Acacia koa; CO=Cordia odorata; AS=Acer saccharum; C=Cumaru; J=Jatobá; T=Tatajuba. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

O *Dalbergia nigra* (Jacarandá da Bahia) é a espécie mais utilizada para o fundo e as laterais (TELES, 2004; YOSHIKAWA *et al.*, 2008; YOSHIKAWA; WALTHAM, 2014; BENNETT, 2016). Tal fato fortalece a hipótese de utilização das duas espécies nativas como materiais alternativos para o fundo e as laterais, alinhado às descrições já feitas.

4.3 Braço

Bennett (2016) declara que o material utilizado para o braço, quando acoplado ao corpo do violão, é normalmente reforçado ou laminado. Tal fato permite que as madeiras com um módulo de elasticidade (E) relativamente baixo possam suportar as forças aplicadas pelas cordas do instrumento. Para Teles (2004), as madeiras para o braço do violão devem ter boa estabilidade dimensional, baixo peso específico e boa resistência.

Diante desses parâmetros e do que a Figura 5 mostra, as três espécies amazônicas possuem elevado módulo de elasticidade (E), apesar da densidade (ρ) ser bem mais próxima de boa parte das madeiras tradicionais, sobretudo do *Peltogyne spp* (Pau-roxo), *Guibourtia demeusei* (Bubinga) e *Dalbergia latifolia* (Jacarandá da Índia).

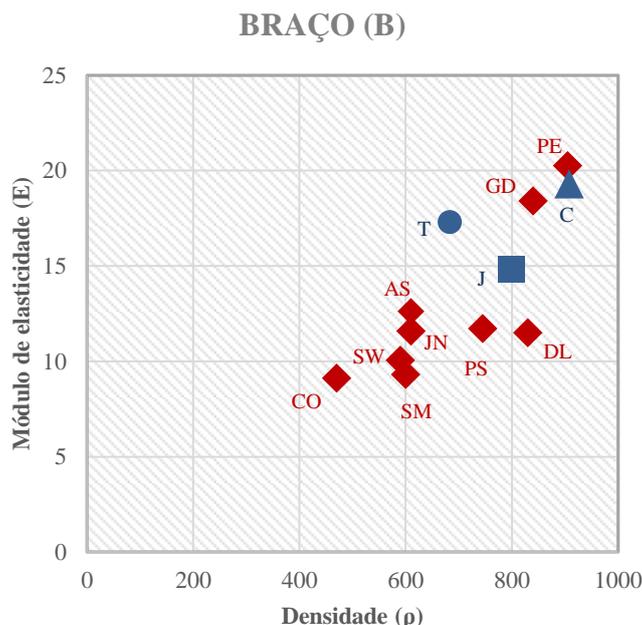


Figura 5: Aplicação do Método de Wegst (2006) com espécies tradicionais e nativas para o braço do violão. Onde: DA=Dalbergia nigra; SW=Swietenia macrophylla; AS=Acer saccharum; SM=Swietenia mahoganii; CO=Cordia odorata; PS=Pterocarpus soyauxii; PE=Peltogyne spp; JN=Juglans nigra; GD=Guibourtia demeusei; C=Cumarú; J=Jatobá; T=Tatajuba. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

O Pau-roxo, mesmo sendo o extremo em índices, favorece em princípio o uso das madeiras nativas analisadas para o braço do violão. Entretanto, ao avaliar de forma comparativa os demais valores das Tabelas 2 e 3, percebe-se que o índice de contração tangencial das madeiras nativas é consideravelmente maior que os de todas as espécies tradicionais, isso para todas as partes de violão.

Os outros índices de contração (radial e volumétrica) para o braço e outras partes se mostram parecidos. Porém, o Cumarú e a Tatajuba encontram-se com o módulo de ruptura (G) abaixo do esperado e o Jatobá, dentro da margem de valores das espécies tradicionais. Por último a dureza Janka (Hj) das três espécies averiguadas estão em conforme com as já usadas para o braço.

4.4 Escala

A escala de um violão necessita de madeiras com alto módulo de elasticidade e alto peso específico (TELES, 2004; SPROßMANN *et al.*, 2017). Essa assertiva é percebida na Figura 6, que mostra como as madeiras maranhenses têm valores mais próximos dos índices das espécies usadas normalmente para a escala.

Cabe falar dos indicadores contidos nas Tabelas 2 e 3. Estes apontam que em relação ao módulo de ruptura (G), o Jatobá encontra-se em conformidade e o Cumarú e a Tatajuba apresentam valores bem menores, sugerindo fragilidade às tensões e uso. Sproßmann *et al.* (2017) apontam que a dureza da madeira é um importante fator de

qualidade. Tais autores alegam que um valor alto indica uma boa resistência à abrasão, devido a arranhões na superfície da escala durante o uso da guitarra. Dessa forma, a dureza Janka (Hj) que mais se aproxima das espécies tradicionais é *Hymenaea spp*, enquanto as outras duas madeiras locais possuem valores abaixo do esperado, sobretudo o *Bagassa guianensis* (Tabelas 1 e 2).

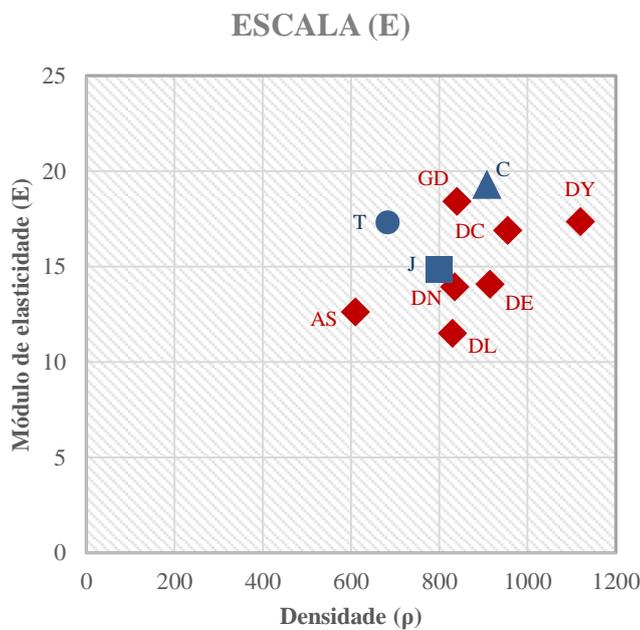


Figura 6: Aplicação do Método de Wegst (2006) com espécies tradicionais e nativas para a escala do violão. Onde: DA=Dalbergia nigra; DL=Dalbergia latifolia; DE=Diospyros ebenum; AS=Acer saccharum; DC=Diospyros crassiflora; DY=Diospyros celebica; GD=Guibourtia demeusei; C=Cumaru; J=Jatobá; T=Tatajuba. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

Pautado no que já foi escrito, o Jatobá é a mais apropriada para escala, considerando suas características. Em seguida, a Tatajuba, apesar do baixo valor de dureza Janka em comparação com as espécies tradicionais, e o Cumaru, podem ser também madeiras alternativas para a escala.

4.5 Cavalete

Para Bennett (2016), o cavalete é fabricado com madeiras mais densas. Bower (2008) afirma que a ponte ou cavalete transmite de forma íntegra a tensão das cordas do violão diretamente para o tampo. Dessa forma o tipo de material para esta peça deve ser resistente a tensões. Logo, os seus índices de módulo de ruptura (G) e dureza Janka (Hj) também são considerados na escolha da madeira.

O último gráfico, representado pela Figura 7, evidencia como os dois tipos de madeira estão muito próximos. A diferença percebida nesta discussão está nos valores

das densidades das madeiras tradicionais, que são maiores do que as das espécies analisadas. Apesar disso, percebe-se semelhança nestes aspectos entre *Diospyros ebenum* - *Hymenaea spp* e *Diospyros crassiflora* - *Dipteryx odorata*.

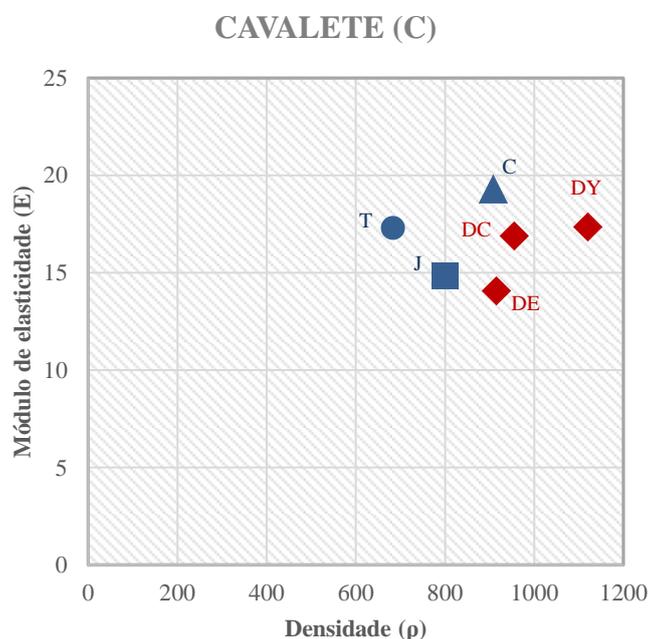


Figura 7: Aplicação do Método de Wegst (2006) com espécies tradicionais e nativas para o cavalete do violão. E=Diospyros ebenum;DC=Diospyros crassiflora; DY=Diospyros celebica; C=Cumaru; J=Jatobá; T=Tatajuba. Fonte: Guilhon *et al* (2018).

Entretanto, as taxas de módulo de ruptura e com a dureza Janka (Hj) das madeiras tradicionais são elevadas em relação aos materiais analisados. Como exceção a isso, aponta-se o Jatobá, que figura taxas dentro da margem de referência. Diante disso, dentre as madeiras estudadas prefigura como a mais adequada o *Hymenaea spp* (Jatobá).

5. Conclusão

Diante do que foi analisado, dentre as madeiras da Amazônia maranhense, o Jatobá é a que mais se aproxima para uso em instrumentos de corda, especificadamente em fundo, laterais, escala e cavalete. O Cumaru não se enquadra para o uso e tampouco oferece condições de trabalhabilidade e acabamento. A Tatajuba mostra parcial adequação para algumas peças, tais como escala e cavalete. Porém, estudos mais detalhados são necessários com testes de resistência da madeira.

Para todas as espécies, também se faz necessário o estudo sobre o comportamento acústico e sua comparação com espécies já amplamente utilizadas, podendo assim consolidar ou não tais madeiras como propensas ao uso para instrumentos de cordas.



Referências

- ALMEIDA, G.M.; PIRES, A. **A arte da luteria no Brasil**. Revista Educação. v.7 n.1. Guarulhos: UNG, 2012. Disponível em: <http://revistas.ung.br/index.php/educacao/article/view/1002/993>. Acessado em: 16/06/2018.
- ALVES, J.R. **The History of the Guitar: Its Origins and Evolution**. Huntington, 2015. Disponível em: http://mds.marshall.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1018&context=music_faculty Acessado em: 21/06/2018.
- ARAMAKI, M.; BRANCHERIAU, H. B. L.; YSTAD, R. K. M. S. **Sound quality assessment of wood for xylophone bars**. Journal of Acoustical Society of America. 121 (4). 2007. p. 2407-2420. Disponível em: http://kronland.fr/wp-content/uploads/2016/08/jasa_Xylophone.pdf Acessado em: 18/06/2018.
- 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> Acessado em: 19/06/2018.
- 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 Lenhocelulósicos). Instituto Superior de Agronomia. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2000. Disponível em: <http://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/bessa,fms-m.pdf> Acessado em: 17/06/2018.
- 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> Acessado em: 19/06/2018.
- BOWER, R. **An Historic-hermeneutic critique of luthiery with specific reference to selected south african guitar builders**. Tese (Doutorado em Filosofia). Faculty of Arts. Nelson Mandela Metropolitan University. Port Elizabeth, 2008. Disponível em: <http://vital.seals.ac.za:8080/vital/access/manager/Repository/vital:8512/SOURCEPDF> Acessado em: 19/06/2018.
- CARREIRA, M. R.; ALCANTARA SEGUNDINHO, P. G.; DIAS, A. A. **Determination of the e/g ratio of wood logs using transverse vibration**. Wood Research, Bratislava, v. 57, n. 2, p. 207-220, 2012.
- CAVALCANTE, A. L. B. L.; PRETO, S. C. S.; PEREIRA, F. A. F.; FIGUEIREDO, L. F. G. **Design para a Sustentabilidade – um conceito interdisciplinar em construção**. Projética: Revista Científica de Design. vol 3. nº 1. Londrina: 2012. Disponível em: www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/downloadSuppFile/12384/2003 Acessado em: 11/06/2018.
- 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> Acessado em: 25/05/2018.
- 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: <http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/295.pdf> Acessado em: 25/05/2018.



GARCIA, J. N. **Manual de fabricação de violão de eucalipto**. Piracicaba, 2011. (Não Publicado).

GORE, T. **Wood for Guitars**. Proceedings of Meetings on Acoustics. 161st Meeting Acoustical Society of America. vol 12. 035001. Seattle, Washington. Session 3aMU: Musical Acoustics. 2011. Disponível em: http://www.goreguitars.com.au/attachments/POMA_paper.pdf Acessado em: 26/05/2018.

LONGUI, E. L. **Potencial de madeiras nativas na fabricação de arcos para instrumentos de corda**. Tese (Doutorado em Biodiversidade vegetal e Meio Ambiente). Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente. São Paulo: 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/abb/v19n4/a18v19n4.pdf> Acessado em: 26/05/2018.

LÓSSIO, R. A. R.; PEREIRA, C. M. **A importância da valorização da cultura popular para o desenvolvimento local**. III Encontro de Estudos Multidisciplinares em Cultura. Salvador: UFBA, 2012. Disponível em: http://www.cult.ufba.br/enecult2007/RubiaRibeiroLossio_CesardeMendoncaPereira.pdf Acessado em: 29/05/2018.

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. Disponível em: <http://annals-wuls.sggw.pl/files/files/fwt/fwt2011no75art02.pdf> Acessado em: 30/05/2018.

NAHUZ, M. A. R.; MIRANDA, M. J. A. C.; IELO, P. K. Y.; PIGOZZO, R. J. B.; YOJO, T. **Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil**. São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=980-Catalogo_de_Madeiras_Brasileiras_para_a_Construcao_Civil.PDF Acessado em: 15/05/2018.

NCUBE, E.; MASILINGA, P. **Prospective Zambian tonewoods for dreadnought acoustic guitar**. International Wood Products Journal, vol 8, no 4, 2017. p 216-226. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20426445.2017.1391964> Acessado em: 11/05/2018.

PIRES FILHO, J. C. **Classificação de instrumentos musicais em configurações monofônicas e polifônicas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: 2009. Disponível em: <http://www.pee.ufrj.br/index.php/pt/producao-academica/dissertacoes-de-mestrado/2009-1/2009090801-2009090801/file> Acessado em: 23/06/2018.

PORTELA, M. S. **Estudo das propriedades acústicas da madeira amazônica Marupá para tampo de violão**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/132450/332924.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acessado em: 16/05/2018.

ROSSING, T. D. **The Science of String Instruments**. Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA). Springer Science+Business Media, Stanford, LLC: 2010. Disponível em: <http://logosfoundation.org/kursus/The%20Science%20of%20String%20Instruments.pdf> Acessado em: 02/06/2018.

SOARES, M. A. **Produção de um violão clássico em madeira de Teca (Tecnota grandis)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, São Paulo: 2014. Disponível em:



<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/142904/000867439.pdf?sequence=1>

Acessado em: 27/05/2018.

SPROßMANN, R.; ZAUER, M.; WAGENFÜHR, A. **Characterization of acoustic and mechanical properties of common tropical woods used in classical guitars.** Results in Physics, v. 7. p. 1737–1742. 2017.

TELES, R. F. **Avaliação de madeiras amazônicas para utilização em instrumentos musicais - madeiras para violões.** Projeto de Iniciação Científica - Relatório Final. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA / Laboratório de Produtos Florestais - LPF. Brasília: 2004. Disponível em: http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/violao_final.pdf Acessado em: 03/06/2018.

TELES, R. F. **Influence of wood finishing products on the vibro-acoustical properties of tropical woods.** 23rd *International Congress on Sound and Vibration*. Athens, 2016.

URIARTE, M. Z.; NUNES, T. G. **Aulas de Música em Projetos de Assistência Social.** Revista Nupeart. volume 10. Florianópolis, 2012. Disponível em: <http://www.revistas.udesc.br/index.php/nupeart/article/download/4087/2889> Acessado em: 15/06/2018.

WADE, G. A. **Concise history of the Classic Guitar.** Mel Bay Publications Inc. Pacific Mo. 2001.

WEGST, U. G. K. **Wood for sound.** American Journal of Botany. 93(10): 1439–1448. 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.3732/ajb.93.10.1439> Acessado em: 10/05/2018.

YOSHIKAWA, S.; SHINODUKA, M.; SENDA, T. **A comparison of string instruments based on wood properties: Biwa vs. cello.** The Acoustical Society of Japan. 29, 1. Tóquio: 2008. Disponível em: https://www.jstage.jst.go.jp/article/ast/29/1/29_1_41/pdf-char/en Acessado em: 12/05/2018.

YOSHIKAWA, S.; WALTHAM, C. **Woods for Wooden Musical Instruments.** ISMA 2014. Le Mans: 2014. Disponível em: <http://www.conforg.fr/isma2014/cdrom/data/articles/000038.pdf> Acessado em: 13/05/2018.

ZACZÉSKI, M.; BECKER, C. H.; BARROS, T.G.; FERREIRA, A. L.; FREITAS, T.C. **Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 1, e1309. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v40n1/1806-1117-rbef-40-01-e1309.pdf> Acessado em: 14/06/2018.

Sobre os autores

David Guilhon

Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (2005) e Mestrado em Design pela Universidade Federal do Maranhão (2016). Atualmente é Professor da Universidade CEUMA nos Curso de Design Bacharelado. Coordena as Pesquisas de Iniciação Científica Análise das madeiras maranhenses voltadas para a fabricação de instrumentos musicais, Design e Religião: um estudo sobre a Imaginária e Iconografia Religiosa e sua aplicação em artefatos.

david.guilhon@ceuma.br

Karoline de Lourdes Monteiro Guimarães

Tecnóloga em Design de Interiores pela Universidade CEUMA (2004) e bacharel em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (2012), possui Mestrado em Design pela Universidade Federal do Maranhão (2015). É professora da Universidade CEUMA no Curso de Design Bacharelado. Co-orientadora da Pesquisa de Iniciação Científica Análise das madeiras maranhenses voltadas para a fabricação de instrumentos musicais.



kgguimaraes@hotmail.com

Helton de Jesus Costa Leite Bezerra

Possui graduação em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (2008) e mestrado em Engenharia de Materiais pelo Instituto Federal do Maranhão (2012). Atualmente é Professor da Universidade CEUMA nos Cursos de Arquitetura e Urbanismo e Design Bacharelado. Co-orientador da Pesquisa de Iniciação Científica Análise das madeiras maranhenses voltadas para a fabricação de instrumentos musicais.
helton.costa@ceuma.br

Luís Antônio Serrão Sousa

Bacharel do Curso de Design da Universidade CEUMA, é pesquisador voluntário de Iniciação Científica no Projeto Análise das madeiras da Amazônia maranhense voltadas para a fabricação de instrumentos musicais, orientado pelos professores David Guilhon, Karoline de Lourdes Monteiro Guimarães e Helton de Jesus Costa Leite Bezerra.
luisd.esign@outlook.com

Vitória Pereira Silva

Bacharel do Curso de Design da Universidade CEUMA, é pesquisador voluntário de Iniciação Científica no Projeto Análise das madeiras da Amazônia maranhense voltadas para a fabricação de instrumentos musicais, orientado pelos professores David Guilhon, Karoline de Lourdes Monteiro Guimarães e Helton de Jesus Costa Leite Bezerra.
vitoria.psilva@hotmail.com