



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Itapeva

MARIA ANGELICA SOARES

**PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO CLÁSSICO EM
MADEIRA DE TECA (*Tectona grandis*)**

Itapeva - SP
2014

MARIA ANGELICA SOARES

**PRODUÇÃO DE UM VIOLÃO CLÁSSICO EM
MADEIRA DE TECA (*Tectona grandis*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Profa. Dra. Maristela Gava

Itapeva - SP
2014

Soares, Maria Angélica

S676p Produção de um violão clássico em madeira de Teca (*Tectona grandis*) / Maria Angélica Soares. -- Itapeva, SP, 2014
56 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Itapeva, 2014

Orientador: Maristela Gava

Banca examinadora: Ricardo Marques Barreiros, Elen Aparecida M. Morales

Bibliografia

1. Madeira - Produtos 2. Violão. 3. Teca (Arvore). I. Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 674.8

A Maria Lucia e Olivio

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela benção da vida, pelas pessoas que Ele colocou no meu caminho e pela inspiração para prosseguir sempre na busca pela sabedoria.

À minha mãe Maria Lúcia, pela dedicação com que me educou, por acreditar em mim e por todo o apoio que me tem dado todos os dias. Ao meu pai, Olivio e as minhas irmãs Solange e Patricia por me mostrarem o valor da família.

À todos os professores que já passaram pela minha vida, desde a infância até a graduação. Cada um teve sua participação e sem eles, chegar até aqui teria sido impossível.

Ao técnico Brito sem o qual a realização deste trabalho não teria sido possível.

Agradeço à empresa Berneck S. A. Painéis e Serrados pela doação da madeira utilizada nesse trabalho.

Aos meus amigos, Sarah David e Mauricio Cardoso pelo companheirismo, apoio e amizade, durante toda a graduação.

À Larissa Ribas pela amizade e apoio e aos “bixos” Carlino e Gabriela pela generosidade em compartilhar os seus conhecimentos.

Um agradecimento especial à professora Maristela, pela generosidade, orientação acadêmica e apoio, sem os quais esse trabalho não teria o mesmo valor.

E à todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente, muito ou pouco para a realização desta monografia.

Muito Obrigada!

Ouve o conselho e recebe a instrução, para que sejas sábio nos teus dias por vir.

Provérbios 19:20

RESUMO

O Brasil possui uma vasta floresta tropical com inúmeras espécies e capacidade de reflorestamento para outras, como o Pinus, o Eucalipto e nos últimos anos a Teca. A madeira de Teca (*Tectona grandis*) é conhecida por sua qualidade, beleza e alto valor comercial, mas sua principal vocação ainda é na construção naval, e em menor escala na indústria de mobiliário e construção civil. Um novo uso para esta madeira seria sua aplicação na lutheria. Sabe-se que os luthiers utilizam-se massivamente de madeiras já tradicionais e de qualidade reconhecida para a construção de instrumentos musicais. O objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade de utilização da madeira de *Tectona grandis*, na construção de um violão clássico. Foram utilizadas tábuas de Teca com aproximadamente 18 anos de idade, provenientes de reflorestamento do estado do Mato Grosso. As tábuas foram processadas para confeccionar todas as partes que compõem o violão: a caixa acústica composta pelo tampo, fundo e laterais; o braço, onde se tem a escala e a pestana e a mão, onde ficam localizadas as tarraxas de afinação das cordas. A madeira de Teca foi analisada no equipamento Sonelastic PC Based de análise não-destrutiva para determinação da frequência natural de vibração da madeira, tendo obtido um resultado de 2500 a 2800 HZ. Após montagem e finalização, o instrumento foi apresentado a músicos profissionais e amadores para que emitissem um parecer a respeito da sua sonoridade, tendo sido aprovado unanimemente. Em questões construtivas o violão apresentou problemas no ajuste da altura dos trastes, elevado peso do violão, além de braço robusto.

Palavras-chave: Teca. Matéria-prima. Luthieria.

ABSTRACT

Brazil has a vast tropical forest with many species and reforestation capacity for others, such as Pinus, Eucalyptus and Teak in recent years. The teak wood (*Tectona grandis*) is known for its quality, beauty and commercial value, but their primary purpose is still in shipbuilding, and to a lesser extent in the furniture and construction industry. A new use for this wood would be its application in luthiery. It is known that luthiers use traditional woods and recognized quality for construction of musical instruments. The objective of this study was to analyze the feasibility of using wood *Tectona grandis*, in building a classical guitar. Teak boards with approximately 18 years old, from reforestation of Mato Grosso were used. The boards were processed to make all the parts of the classical guitar: the body that consists of the soundboard, bottom and the sides; the neck, where it has the fretboard, the nut and headstock, where are located the tuning keys for the strings. The Teak wood was analyzed in the equipment Sonelastic PC Based of non-destructive analysis to determine wood natural frequency of vibration, resulting in 2500 to 2800Hz. After assembly and finishing the instrument was presented to professional and amateur musicians to give an opinion about their sound, having been unanimously approved. In constructive issues the guitar had problems in adjusting the height of the frets, heavy weight of the guitar, and robust arm.

Key-words: Teak. Raw material. Luthiery.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	Geral	11
2.2	Específicos.....	11
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	12
3.1	Violão	12
3.1.1	Caixa acústica.....	13
3.1.2	Leques harmônicos	13
3.1.3	Cavalete	14
3.1.4	Lateral e fundo do violão	14
3.1.5	Braço e mão	15
3.1.6	Escala.....	15
3.1.7	Pestana.....	16
3.2	Madeiras utilizadas em instrumentos musicais	16
3.3	Características das madeiras para instrumentos musicais	16
3.3.1	Propriedades Físicas	17
3.3.1.1	Densidade.....	17
3.3.1.2	Teor de Umidade.....	17
3.3.1.3	Retratibilidade	18
3.3.2	Propriedades Mecânicas	18
3.3.3	Propriedades Acústicas.....	19
3.3.4	Características Gerais	20
3.3.4.1	Cor.....	20
3.3.4.2	Textura	20
3.3.4.3	Grã.....	20
3.3.4.4	Figura	20
3.4	Teca	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1	Obtenção e preparo das lâminas do tampo e do fundo	25
4.1.1	Obtenção e colagem dos leques harmônicos	28
4.2	Obtenção das lâminas para as laterais	30
4.2.1	Moldagem das laterais na forma do corpo do instrumento	32

4.3	Montagem e confecção do braço e mão	35
4.3.1	Finalização da mão	39
4.4	Escala.....	39
4.5	Determinação da densidade e da frequência natural de vibração	42
4.6	Montagem.....	42
4.7	Finalização e acabamento.....	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1	Dificuldades encontradas durante a confecção das peças do instrumento	47
5.2	Dificuldades encontradas durante a montagem do instrumento	47
5.3	Dificuldades durante acabamento e finalização	49
5.4	Determinação da densidade e da frequência natural de vibração	50
5.5	Tempo para construção do violão.....	50
5.6	Instrumento Finalizado	51
5.7	Avaliação da sonoridade.....	51
6	CONCLUSÃO	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

1 INTRODUÇÃO

Instrumento musical é um objeto feito com o propósito de se produzir música através de sons. Qualquer objeto que produz um som pode, conseqüentemente, produzir música. A diferença é que os instrumentos musicais possuem meios de se controlar as características desses sons, como timbre, altura, duração e intensidade, de forma a obter o melhor resultado.

O termo instrumento musical foi utilizado pela primeira vez por volta dos séculos XVII-XVIII, na Alemanha, como sinônimo de clavicórdio, que era um instrumento de teclado. No século XIX, ao falar-se de instrumento musical, referia-se ao piano, passando mais adiante a ter a definição conhecida nos dias de hoje (BESSA, 2000).

Diversos materiais podem ser utilizados para a confecção dos mais diferentes tipos de instrumentos musicais. A madeira, por ser um material, heterogêneo e fibroso podendo apresentar uma grande variação de ressonâncias, é altamente utilizada para este fim (BESSA, 2000).

Apesar do Brasil possuir uma das mais vastas florestas tropicais do mundo, ele não é caracterizado como um grande produtor e exportador de instrumentos musicais. Isso deve-se, em parte, a um grande tradicionalismo dos fabricantes e luthiers que utilizam praticamente as mesmas espécies há muitos séculos (TELES, 2004).

Dentre as madeiras mais tradicionais utilizadas, destacam-se os abetos europeus, o jacarandá-da-bahia, o mogno e o cedro do oregon, pois são espécies que possuem excelentes propriedades físicas e mecânicas e que não tem seus usos restringidos somente em instrumentos musicais, mas também em móveis e outras aplicações (TELES, 2004).

As principais propriedades de uma madeira que devem ser analisadas quando se intenta usa-la em instrumentos musicais são: físicas (densidade básica, teor de umidade e índice de retração volumétrica), mecânicas (módulo de elasticidade), anatômicas (direção da grã, largura dos anéis de crescimento) e acústicas (ressonância e radiação do som). Para se definir quais são as madeiras a serem utilizadas é necessário observar também sua disponibilidade na natureza e seu preço comercial.

Um dos instrumentos com maior presença e importância na cultura popular é o violão acústico, perdendo apenas para o piano. O violão acústico é um instrumento de cordas (de nylon ou aço) composto, em sua maior parte, de madeira. Existem diversos estilos de violão,

sendo que, o violão clássico tem corpo em formato de oito e pode ser feito utilizando-se diversas espécies.

Visando identificar uma nova espécie para substituir as já tradicionalmente utilizadas pelos luthiers, buscou-se estudar a madeira de Teca (*Tectona grandis* L.) por se tratar de uma das espécies mais valorizadas e procuradas devido as suas características como alta durabilidade, boa estabilidade dimensional, resistência mecânica e média densidade (PANDAY, BROWN, 2000 *apud* TONINI *et al*, 2009). Sua principal vocação ainda é a construção naval, mas a madeira também se mostra utilizável para fabricação de móveis, estruturas, pisos, peças torneadas, chapas, painéis, postes e dormentes por apresentar resistência à ação ambiental (sol, chuva, calor e etc).

Ainda são escassos os trabalhos científicos direcionados para o estudo das características da madeira voltadas para a produção de instrumentos musicais. No Brasil estudos desse gênero vêm sendo desenvolvidos pelo Laboratório de Produtos Florestais, do Serviço Florestal Brasileiro, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, desde a década de 1980 (SOUZA *et al*, 2008). Não foram encontrados estudos que relacionem as características da madeira de Teca à uma possível utilização na confecção de instrumentos musicais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Estudar a viabilidade da utilização da madeira *Tectona grandis*, também conhecida como Teca para uso em instrumentos musicais.

2.2 Específicos

Analisar o potencial de uma espécie diferente das comumente usadas por luthiers na confecção de violões.

Avaliar o processo de produção de um violão clássico utilizando a madeira de *Tectona grandis*.

Avaliar a sonoridade de um violão clássico, produzido com madeira de *Tectona grandis*.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Violão

O violão é um instrumento cujo som é produzido pela vibração das cordas, transmitida através do tampo. Podem ser utilizadas cordas de nylon ou aço, tendo a configuração mais comum com seis cordas, porém existem instrumentos com outras configurações como sete ou quatro cordas.

Segundo ORIGEM... (s.d.) existem duas hipóteses para a origem do violão: a primeira é de que ele seria um derivado do alaúde *Caldeu-Assírio* que os Egípcios, os Persas e os Árabes levaram junto para a Espanha. A outra hipótese é de que o violão sofreu inúmeras transformações e adaptações a partir do instrumento grego chamado *Kethara Grega* ou *Assíria* (precursora da *Cítara* ou *Fidícula romana*), da Rotta ou Crotta medieval inglesa e, da *Vihuela* que surgiu na Espanha no Século XVI.

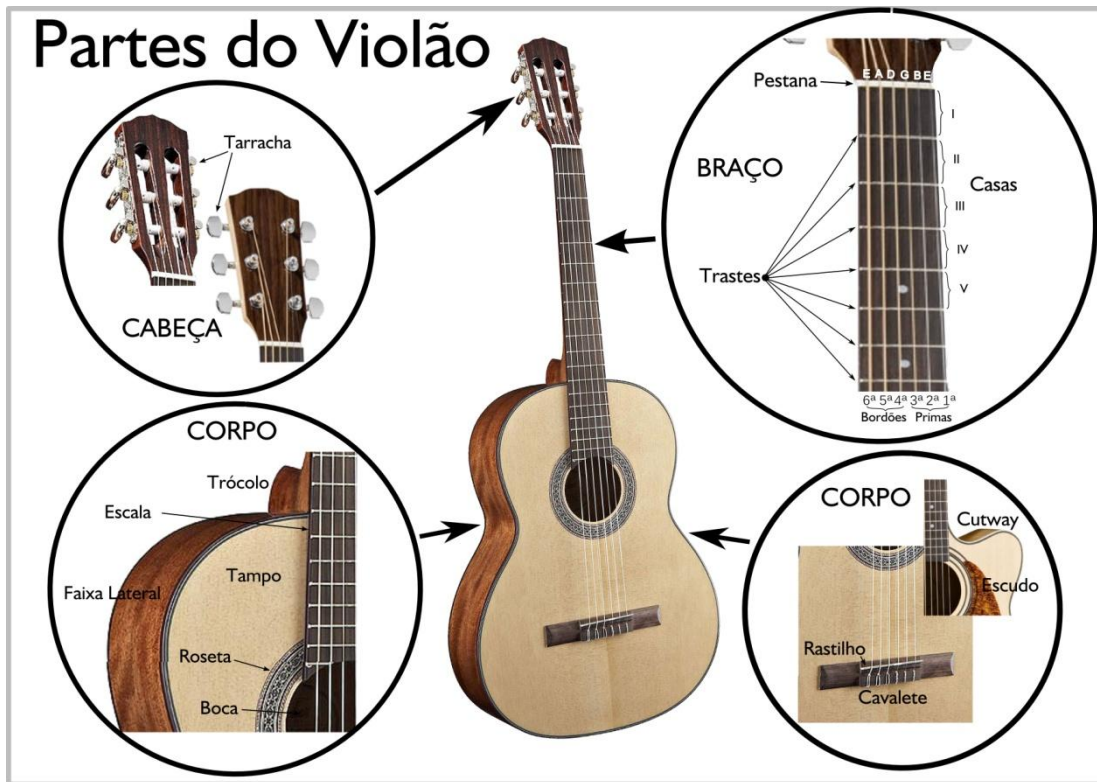
No século XIX o luthier espanhol Antonio de Torres Jurado (1817 - 1892) fez transformações que definiram o padrão do instrumento que é conhecido hoje. Destacando-se as mais importantes: desenho de nova silhueta, aumento da superfície vibrante do Tampo, aplicação do sistema dos harmônicos em distribuição e posição de leques harmônicos, aumento da quantidade de trastes até 19, (antes usavam-se apenas doze), aumento do tamanho de corda pulsante de 648 mm para 650 mm (padrão atual) , transformação do cavalete, agregando ao rastilho e facilitando a transmissão da vibração das cordas do tampo (GOMES et al, 2004).

Na segunda metade do século XVI, o poeta e músico espanhol Vicente Martinez Espinel, antes ainda de Antonio Torres adicionou a quinta corda e criou o sistema de afinação que é utilizado até hoje. No século XVIII, mais precisamente no ano de 1760 o Frei Miguel Garcia, conhecido como o Padre Basílio, agregou a sexta corda e se tornou ainda, o primeiro músico a compor para o violão segundo os moldes atuais (GOMES *et al*, 2004)).

O violão é composto por diversas peças conectadas entre si através de cola e/ou encaixe. A constituição do instrumento é dada em três partes: corpo, braço e mão. (GARCIA, 2011).

As peças que constituem o corpo são o tampo, a boca (com a roseta), as laterais, o cavalete (ou ponte) com o rastilho e o fundo. A pestana, as casas e a escala são partes constituintes do braço. E as tarraxas são constituintes da cabeça (ou mão) do instrumento (Figura 1).

Figura 1- Partes do violão



Fonte: ANATOMIA..., 2012.

3.1.1 Caixa acústica

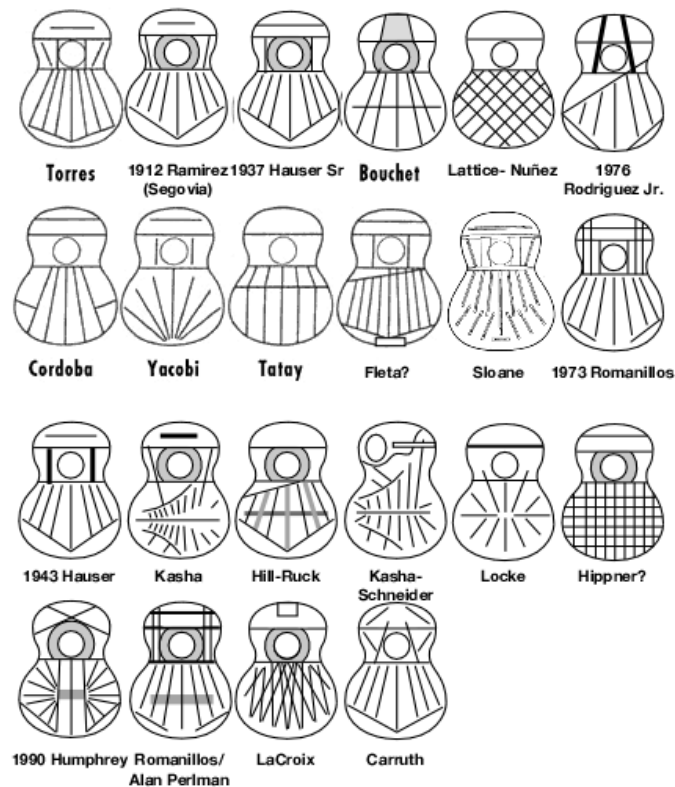
Constituída pelo tampo, fundo e lateral, partes muito importantes para a sonoridade do instrumento, uma vez que é através da ressonância provocada pela vibração das cordas através do cavalete no tampo que ocorrerá o movimento do ar contido na caixa acústica (GOMES *et al*, 2004; GARCIA, 2011).

3.1.2 Leques harmônicos

A função dos leques harmônicos é a de disciplinar a vibração do tampo, além de servir como reforço necessário para que o tampo não afunde com a pressão das cordas sobre o cavalete. Eles são colados na parte interna do tampo (ANDRADE, 2011).

A Figura 2 mostra diferentes arranjos para os leques dependendo de cada planta.

Figura 2- Exemplos de disposição dos leques harmônicos



Fonte: BERNARDO, 2008.

3.1.3 Cavalete

É a peça do instrumento que serve como sustentação das cordas, suportando grande tensão de aproximadamente 40 kgf. Também tem a função de transmitir, através do rastilho, que pode ser feito de osso de canela de boi ou ainda plástico, a vibração das cordas para o tampo e, conseqüentemente, para a caixa de ressonância (GOMES *et al*, 2004).

É necessária muita precisão ao posicionar o cavalete sobre o tampo, tanto longitudinalmente (para determinar a afinação correta) quanto transversalmente (para determinar o posicionamento adequado das cordas na escala) (GARCIA, 2011).

3.1.4 Lateral e fundo do violão

A lateral é a parte que une o tampo com o fundo e o braço do instrumento, fechando a caixa de ressonância e definindo a silhueta do violão, geralmente é feita da mesma madeira que o fundo. Já a função do fundo do violão é refletir o som produzido pelo tampo e deve ser feito com uma espécie de madeira mais densa (GOMES *et al*, 2004).

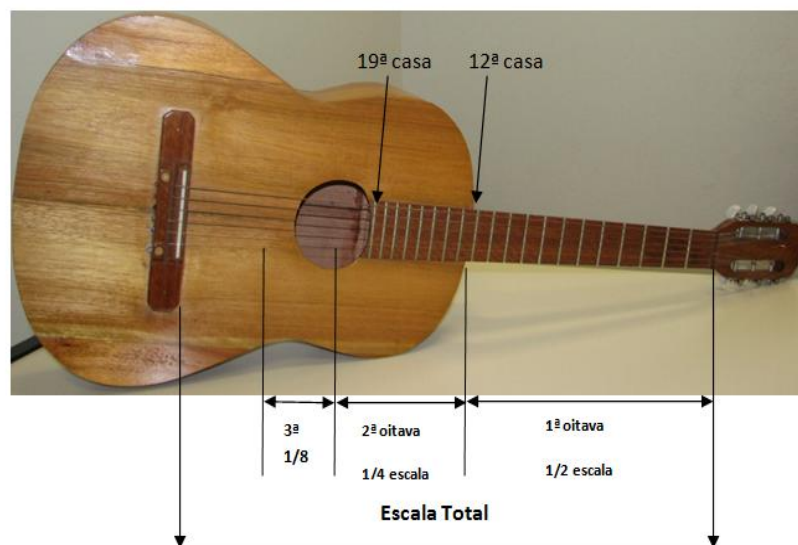
3.1.5 Braço e mão

O Braço do violão requer uma madeira de grande estabilidade dimensional, de media densidade. O braço é composto pela voluta (cabeça) e o salto. A mão do violão é a parte onde são colocadas as tarraxas que servem para a afinação das cordas (GOMES *et al.* 2004).

3.1.6 Escala

A escala física de um violão é produzida em uma peça de madeira densa, que recebe 19 trastes, que são pequenas divisões de metal, distribuídos mediante cálculos matemáticos, para garantir a afinação do instrumento. Cada corda quando tocada livremente produz uma nota fundamental quando o músico desejar tocar uma nota mais aguda é necessário dividir a corda em partes menores fazendo com que ela soe em uma frequência maior. Então basta que o músico coloque o dedo em um ponto antes do traste para que a corda, apoiada sobre ele, seja dividida exatamente na medida determinada pelo fabricante do instrumento. É considerada uma peça-chave para todo o processo de confecção do violão. A partir dela podem-se calcular as demais dimensões do instrumento. A escala real do violão vai da pestana (no início do braço) até o rastilho do cavalete, como visto na Figura 3 (GOMES *et al.* 2004; GARCIA, 2011).

Figura 3- Esquematização da escala



Fonte: GARCIA, 2011.

3.1.7 Pestana

Também conhecida como capotraste, a pestana pode ser feita de plástico ou osso. Quando mal instalada, influencia de forma negativa a vibração das cordas. Os “dutos” de passagem também devem ser alinhados com a direção das cordas e respeitar a espessura das mesmas, para evitar perda de sonoridade, má afinação e pressão excessiva sobre o cavalete (GARCIA, 2011).

3.2 Madeiras utilizadas em instrumentos musicais

Tradicionalmente as madeiras mais utilizadas para confecção de instrumentos de cordas dedilhadas como o violão, a viola e o cavaquinho, por exemplo, são: para o tampo, barras harmônicas e os leques, o **Abeto europeu**, (*Picea abies*), para o fundo e as laterais, é o **Jacarandá da Bahia** (*Dalbergia nigra*), para o braço, contra faixa e culatra, são o **Cedro** (*Cedrela odorata*) e o **Mogno** (*Swietenia macrophylla*), e para a escala a mais utilizada é o **Ébano**. (GOMES *et al*, 2004)

Ainda podem ser citadas outras espécies de Abeto, além do Cedro Vermelho para o tampo. Para o fundo, laterais e outras peças do violão, diversos luthiers recomendam o Jacarandá Indiano (*Dalbergia Latifolia*); Jacarandá Mineiro (*Machaerium Villosum*); Pau Marfim (*Balfourodendrum Riedelianum*); Pau Ferro (*Machaerium scleroxylon*); Macacaúba (*Platymiscium spp.*); Maple (*Acer spp.*); Imbuia (*Ocotea Porosa*); Cipreste Espanhol (*Cupressus Sempervirens*); Cedro rosa (*Cedrella spp.*); Marupá (*Simarouba Amara*); Ébano Africano; Braúna (*Melanoxilon Brauna*); Freijó (*Cordia Goeldiana*). Devido à experiência desses profissionais, muitos deles têm preferências por determinadas madeiras, por já conhecerem sua sonoridade e seus comportamentos (BRITO, 2014).

3.3 Características das madeiras para instrumentos musicais

Alguns índices de qualidade são vitais para garantir uma boa sonoridade do instrumento final. O violão por ser um instrumento composto de diversas madeiras exige, para cada parte, características específicas.

Segundo Souza (1983), para tampos harmônicos, as madeiras devem possuir baixo peso específico, alto módulo de elasticidade, grã direita, boa trabalhabilidade, boa estabilidade dimensional, boa para colagem e bom acabamento final. Para o fundo e laterais, a madeira

não deve ser muito pesada, sem restrições quanto às propriedades mecânicas, boa trabalhabilidade, boa para colagem, bom acabamento e boa estabilidade dimensional.

Bucur (2006) analisou amostras de diferentes espécies de Abeto, que é a madeira mais utilizada nos tampos harmônicos de violão, todas elas possuíam características como elevada rigidez, baixo coeficiente de atrito interno, bem como baixa densidade. O mesmo foi feito para espécies tropicais com características semelhantes ao Jacarandá-da-Bahia (*Brazilian rosewood*) muito utilizada para o fundo e as laterais, onde as madeiras propostas possuíam alta densidade e baixo amortecimento.

Slooten e Souza (1993) salientam que a escala de um violão clássico deve ser feita essencialmente de madeiras que sejam duras e pesadas, visto que as cordas, sendo metálicas, têm tendência a cortar a madeira durante o uso do instrumento.

3.3.1 Propriedades Físicas

O conhecimento das propriedades físicas da madeira é importante para saber o seu comportamento diante da sua utilidade. A composição do lenho, a estrutura e a organização dos seus elementos constituintes são fatores que determinam as propriedades físicas da madeira como densidade, umidade e retração (GARCIA, 2011).

3.3.1.1 Densidade

A densidade é uma propriedade importante, devido à sua relação direta com outras características da madeira. As madeiras, se muito leves, absorvem demais o som, e se muito duras podem vibrar demasiadamente.

Na confecção de componentes de instrumentos musicais devem-se observar as diferentes densidades básicas das espécies. Por exemplo, o peso específico de uma madeira para o tampo deve ser menor do que aquela usada para o fundo/ lateral.

3.3.1.2 Teor de Umidade

O Teor de Umidade Inicial é uma propriedade de suma importância tendo em vista que o período de secagem é influenciado por este fator (SLOOTEN; SOUZA, 1993).

O teor de umidade é a quantidade de água que uma peça de madeira contém, expressa como porcentagem do seu peso seco em estufa. Um alto teor de umidade inicial está

diretamente relacionado com a densidade da madeira, ou seja, o teor de umidade inicial diminui com o aumento do peso específico (TELES, 2004).

3.3.1.3 Retratabilidade

É o fenômeno relacionado a variação dimensional da madeira, em função da troca de umidade do material com o meio que o envolve, até que seja atingida uma condição de equilíbrio higroscópico (PORTO, 2010).

As características de retração da madeira diferem muito entre as espécies, dependendo do modo de condução da secagem e do próprio comportamento da madeira, o que leva ocasionalmente a alterações da forma e à formação de fendas e empenos (RETRATIBILIDADE, 2001).

Esta é uma importante característica a ser levada em conta, quando da fabricação de instrumentos, devido à precisão requerida durante sua produção e uso para que o som saia adequado e não prejudique a afinação do violão.

3.3.2 Propriedades Mecânicas

. As características mecânicas da madeira de instrumentos musicais englobam principalmente a flexão estática, compressão, tração, cisalhamento e dureza (TELES, 2004).

Estas características diferem de espécie para espécie, por exemplo, uma madeira para estar apta deve apresentar resistência a fortes tensões (como as exercidas pelas cordas, de aproximadamente 40kgf), caso contrário tem-se como resultado deformações, como encurvamento do braço na forma de um arco. Além de uma maior dificuldade de se tocar o instrumento, ainda poderá acarretar num instrumento desafinado (COUTO, 2006).

A Tabela 1 apresenta alguns dados relativos as principais espécies utilizadas na fabricação de violões.

Tabela 1: Propriedades Mecânicas das espécies mais tradicionais na fabricação de violões clássicos.

Nome comum	Nome científico	Densidade aparente 12% (g/cm ³)	MOE (x1000) MPa	MOR (MPa)	Dureza Janka transv x1000 (N)
Abeto europeu*	<i>Picea abies</i>	0,41	10,32	70,71	-
Jacarandá da Bahia*	<i>Brazilian rosewood</i>	1,02	12,8	116,9	-
Cedro*	<i>Cedrela Adorata</i>	0,46	9,7	75,32	6,1
Mogno*	<i>Swietenia macrophylla</i>	0,55	6,5	55,11	6,3
Ébano*	<i>Diospyros mespiliformis</i>	0,84	15,5	111,7	8,7

MOE – módulo de elasticidade na flexão estática

MOR – módulo de ruptura na flexão estática

* Fonte: FERNANDES, 2004.

3.3.3 Propriedades Acústicas

O tampo do violão é a peça que transmite a vibração das cordas ao serem tocadas, então a madeira com a qual esta peça será feita deve ter, entre outras qualidades, uma excelente velocidade de propagação sonora (distância percorrida pela onda sonora por unidade de tempo).

Todo corpo possui uma frequência natural de vibração. Este corpo, quando percebe um som, gerado por uma fonte qualquer, na mesma frequência da sua frequência natural, entra em ressonância e vibra. A madeira, apesar de possuir de 5 a 10% da densidade dos metais, tem uma velocidade de propagação sonora semelhante aos mesmos (FERNANDES, 2004).

Algumas madeiras absorvem melhor o som, enquanto outras o refletem com mais facilidade. Isso resulta uma maior ou menor sustentação do som produzido, um timbre mais grave ou agudo, um som mais estridente ou aveludado (COUTO, 2006).

Slooten e Souza (1993) salientam ainda a necessidade de que a madeira que compõe o fundo do instrumento, apresente um som que esteja um tom acima das notas produzidas pela madeira do tampo.

3.3.4 Características Gerais

Outras características observadas ao fazer a escolha de uma madeira para seu uso na construção de instrumentos é a sua beleza. Ela é dita em função da cor, textura, grã e figura.

3.3.4.1 Cor

A escolha da cor terá que levar em conta algumas exigências consagradas pela tradição, por exemplo, o tampo dos instrumentos deve ser confeccionado com madeira de cor clara, as laterais e o fundo de madeira de cor marrom escuro e a escala com madeira de cor preta/escuro (GOMES *et al*, 2004). A variação natural de cor da madeira se deve principalmente à presença de extrativos (taninos, resinas, óleos, etc.) nas células e nas paredes celulares, que se depositam, de forma mais acentuada, no cerne (MELO, 2002 *apud* TELES, 2004).

3.3.4.2 Textura

As diferenças no aparecimento dos anéis de crescimento, que resultam das variações em tamanho e uniformidade das dimensões das células, constituem a textura da madeira (SLOOTEN; SOUZA, 1993).

3.3.4.3 Grã

A grã está relacionada às direções gerais das fibras e outros elementos da madeira, e pode ser definida como: direita, espiralada, reversa, ondulada e torcida. Para lutheria, devem-se utilizar as madeiras que apresentam grã direita, o que possibilitará um considerável ganho na trabalhabilidade e nas propriedades acústicas das espécies, já que favorece a condução da sonoridade (SLOOTEN; SOUZA, 1993).

3.3.4.4 Figura

Comercialmente quando se fala do termo figura estamos limitados a padrões altamente decorativos, resultantes principalmente da aparência de camadas incrementais durante o crescimento da árvore, irregularidades na orientação das células e distribuição de cor não uniforme. A madeira para instrumentos musicais de cordas deve ser perfeitamente quarteada, o que significa dizer qual a figura aparece sobre a superfície radial. A madeira quando

quarteada, em geral apresenta uma quantidade considerável do tecido dos raios, que é, em grande parte, responsável pelo valor decorativo da madeira (SLOOTEN; SOUZA, 1993).

3.4 Teca

Teca é o nome popular da *Tectona grandis*, pertencente à família botânica Lamiaceae, antigamente Verbenaceae. É nativa das florestas tropicais situadas no subcontinente índico e no sudeste asiático, principalmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java. Tem sido cultivada desde o século XVIII, devido à demanda dos britânicos por grandes quantidades de madeira para construção naval. No sul da Ásia, sua cultura é tradicional, sendo uma espécie cultivada em grande escala. Os asiáticos são os maiores produtores, mas a teca também é cultivada em outros países tropicais, como: Togo, Camarões, Zaire, Nigéria, Trinidad, Honduras e Brasil, entre outros (ANGELI; STAPE, 2003).

Na atualidade, a teca é considerada uma das melhores alternativas às espécies de elevado valor econômico, considerando o suprimento sustentável das indústrias de base florestal, que tem como principal produto a madeira de qualidade, utilizada em móveis de luxo e na construção naval (PELLISSARI, 2014).

A teca é tida como árvore pioneira, de grande porte e de copa circular e, em favoráveis condições de crescimento, desenvolve tronco retilíneo com altura superior a 25m. Em locais de precipitação pluviométrica entre 1270mm e 2540mm, com estação seca definida, temperatura mínima entre 13°C e 17°C e máxima entre 39°C e 43°C apresenta melhor desempenho. Pode se desenvolver em uma grande variedade de solos e formações geológicas, porém prefere solos bem drenados e profundos, de pH entre 6,5 e 7,5 (FAO, 1959; PANDEY; BROWN, 2000, KRISHNAPILLAY, 2000 *apud* TONINI *et al*, 2009).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2004) a árvore possui um tamanho médio de 0 a 35 m de altura e 0,95 m de diâmetro, na idade adulta. Pode ser polinizada por abelhas e diversos outros insetos. Seus frutos são cilíndricos, de cor marrom, com quatro sementes. A primeira frutificação ocorre aos 5 ou 6 anos de idade. A coleta de frutos é feita manualmente no solo ou diretamente das árvores. Sua germinação é variável devido à dormência e a maturação incompleta pós-colheita. A madeira adulta é praticamente imune a ataques de fungos e cupins. A madeira tem extraordinária beleza e excelente qualidade em todos os aspectos, e apresenta trabalhabilidade fácil.

A madeira do cerne da Teca apresenta coloração castanho-amarelada, chegando a atingir tonalidades mais escuras de marrom. A presença de extrativos similares a um látex na madeira proporciona uma sensação de brilho dourado. Tal extrativo lhe confere um aspecto lustroso, facilitando também a trabalhabilidade da madeira, que fica “mais lubrificada” quando processada. Por essa e outras razões, a madeira de teca apresenta excelente comportamento quando serrada, aplainada, lixada, perfurada, pregada e parafusada. Pelos seus valores de densidade básica (0,53 a 0,62g/cm³) e por sua estabilidade dimensional, a madeira da teca apresenta excelentes propriedades físico-mecânicas, tais como resistência à tração, à flexão e ao empenamento (FOELKEL, 2013).

A madeira é tida como de alta qualidade, sendo altamente utilizada na produção de móveis, esquadrias de alto padrão, embarcações e decoração, destacando-se pela beleza, resistência e durabilidade. Sua madeira é muito valorizada no mercado internacional, e pode alcançar preços até três vezes superiores aos do mogno (*Swietenia macrophylla*) (LORENZI *et al*, 2003; PIMENTEL *et al*, 2008 *apud* CHAGAS, 2013).

Dentre os países produtores, o Brasil é destaque em plantação, silvicultura e produção de teca. Atualmente é o país com a maior área plantada desta espécie na América tropical, possuindo área total estimada em torno de 100 mil ha (AREFLORESTA, 2013). Segundo a ABRAF (2013) as regiões com maior área plantada com teca no Brasil são região Norte e Centro-Oeste, mais especificamente os estados do Pará, Roraima e Mato Grosso, totalizando 70% da produção nacional. Mato Grosso é o estado com maior representação de plantio, destacando-se não só pela produção de madeira nobre, mas também por tecnologias envolvidas na produção desta espécie. Melhorias como a tecnologia silvicultural vêm seguindo o caminho semelhante ao sucesso do eucalipto no Brasil. Investimento em adequadas práticas de manejo como seleção de sítios, o uso de sementes geneticamente melhoradas, manejo do solo e de plantas invasoras, além de desbastes e desramas de forma apropriada pode elevar o potencial do incremento médio anual (IMA) a 25 a 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (SHIMIZU *et al*, 2007 *apud* FAVARE, 2013).

A *T. grandis* conquistou o mercado brasileiro por causa de seu grande porte, rusticidade e principalmente pela qualidade de sua madeira considerada nobre e de elevado valor comercial. Os investimentos correntes realizados pelas empresas florestais, segundo a ABRAF (2013), totalizaram 4,6 bilhões de reais, valor 60,9% superior aos investimentos efetuados no ano anterior (FAVARE, 2013)

A madeira de Teca possui alto valor no mercado e apresenta a possibilidade de reflorestamento. Identificar uma nova aplicação como o uso em instrumentos musicais, por exemplo, pode conferir mais uma possibilidade de matéria-prima para um mercado tão fechado e tradicional, acostumado a utilizar madeiras importadas e difíceis de encontrar.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O material utilizado na realização deste trabalho é proveniente de árvores de *Tectona grandis* com aproximadamente 18 anos de idade, coletadas em um plantio de reflorestamento localizado na cidade de Brasnorte, estado do Mato Grosso, e foi doada pela empresa Berneck S. A. Painéis e Serrados.

Foram utilizadas cinco tábuas (Figura 4) com 1500mm de comprimento, 150mm de largura e 30mm de espessura.

Figura 4 - Tábua de *Tectona grandis*



Fonte: autoria própria

Inicialmente mediu-se o teor de umidade das tábuas com um medidor do tipo resistivo mini-Ligno DX/C, sendo verificado que elas estavam com aproximadamente 9% de teor de umidade, ideal para a produção de instrumentos musicais.

O processamento da matéria prima e a produção do violão, os ensaios físico-mecânicos e acústicos, foram realizados no Câmpus da UNESP em Itapeva-SP, e compreenderam as seguintes etapas:

4.1 Obtenção e preparo das lâminas do tampo e do fundo

Segundo os manuais de lutheria de Garcia (2011) e de Gomes, Lage e Mourão (2004), para fazer-se o tampo e fundo do violão seriam necessárias duas peças contínuas de madeira, medindo 550mm de comprimento, por 200 mm de largura e por 4 mm de espessura. As tábuas de Teca foram processadas primeiramente em uma serra circular esquadrejadeira, para dividi-las em lâminas de menor espessura, já que as tábuas possuíam 30mm de espessura inicialmente (Figura 5).

Figura 5- Corte das tábuas na Serra circular esquadrejadeira

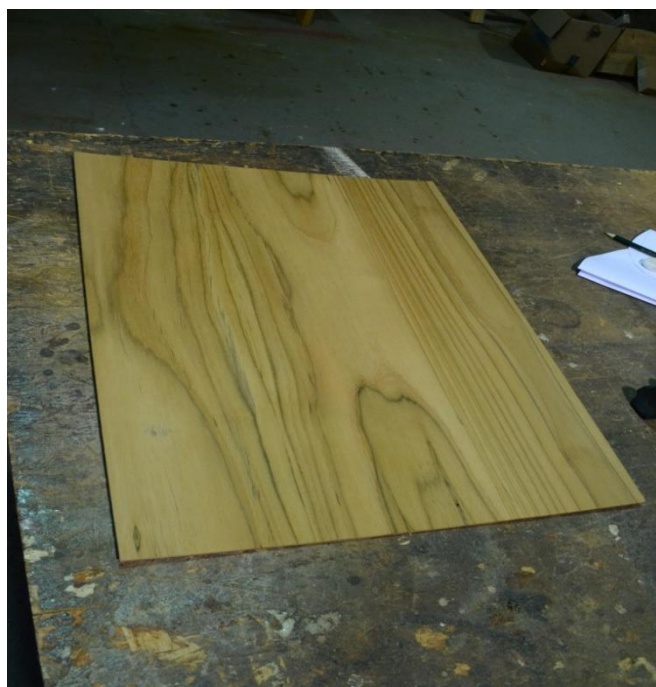


Fonte: Autoria própria

Após a obtenção, as lâminas foram processadas em uma desgrossadeira até atingir a espessura de 3 mm, aproximadamente. Em seguida, foram coladas lateralmente com cola branca PVA do tipo D4, para a obtenção das dimensões necessárias para o desenho do tampo e do fundo do violão.

Devido às limitações de largura das tábuas de madeira de teca obtidas, optou-se por utilizar três peças de madeira de 150 mm de largura, resultando uma peça com 450mm de largura total, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6- Lâmina final de teca com aproximadamente 3mm de espessura e 450mm de largura



Fonte: Autoria própria

A geometria do tampo e fundo da caixa do violão foi definida com base na planta *Guitare Classique Dans Le Style*, de Santos Hernandez. Um molde foi feito em uma chapa de compensado (Figura 7) e depois transferido para as lâminas de Teca, sendo cortado com auxílio de uma serra-fita (Figura 8).

Figura 7- Molde do tampo e fundo da caixa acústica, reproduzido no compensado



Fonte: Autoria Própria

Figura 8- Corte das lâminas do tampo e do fundo da caixa com auxílio da serra-fita



Fonte: Autoria própria

Para a abertura da boca do violão utilizou-se uma serra tico-tico manual, como mostrado na Figura 9.

Figura 9- Abertura da boca com serra tico-tico manual

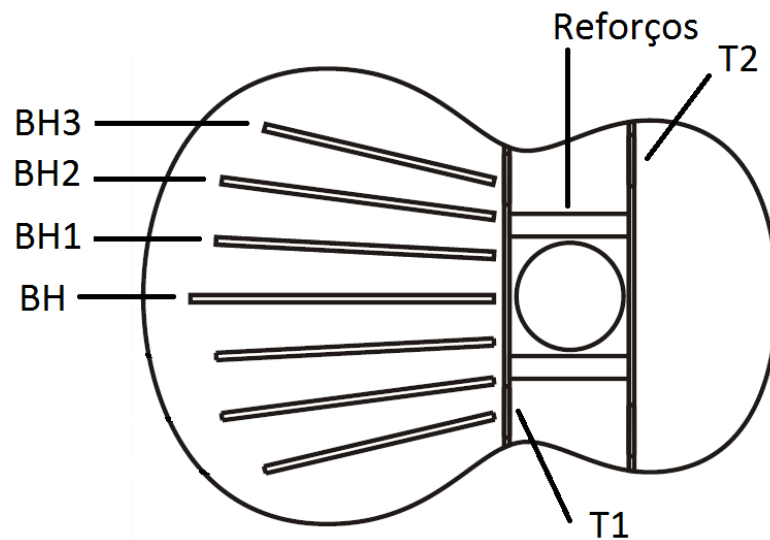


Fonte: Autoria própria

4.1.1 Obtenção e colagem dos leques harmônicos

O tampo do violão é composto de sete barras harmônicas, dois reforços na boca e dois travessões, que podem ser produzidos com madeira de espécie diferente, ou da mesma utilizada no violão. No caso deste trabalho utilizou-se também da madeira de Teca. A Figura 10 demonstra a esquematização do leque harmônico adotada no presente trabalho:

Figura 10- Esquematização do leque harmônico tradicional com as Barras Harmônicas (BH, BH1, BH2 e BH3) e Travessões (T1 e T2)



Fonte: GOMES et al (2004).

As medidas utilizadas para todos os componentes foram baseadas na planta de Santos Hernandez e estão detalhadas na Tabela 2 a seguir

Tabela 2: Dimensões dos componentes harmônicos do tampo.

Peça	Quantidade	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)
BH (Central)	1	23,2	7,0	3,5
BH 1	2	23,9	7,0	3,5
BH 2	2	22,7	7,0	3,5
BH 3	2	17,8	7,0	3,5
T 1	1	223	8,0	17,0
T 2	1	257	8,0	17,0
Reforço	2	95,0	20,0	2,0

Fonte: GARCIA, 2011

A Figura 11 apresenta como os componentes do tampo ficaram dispostos:

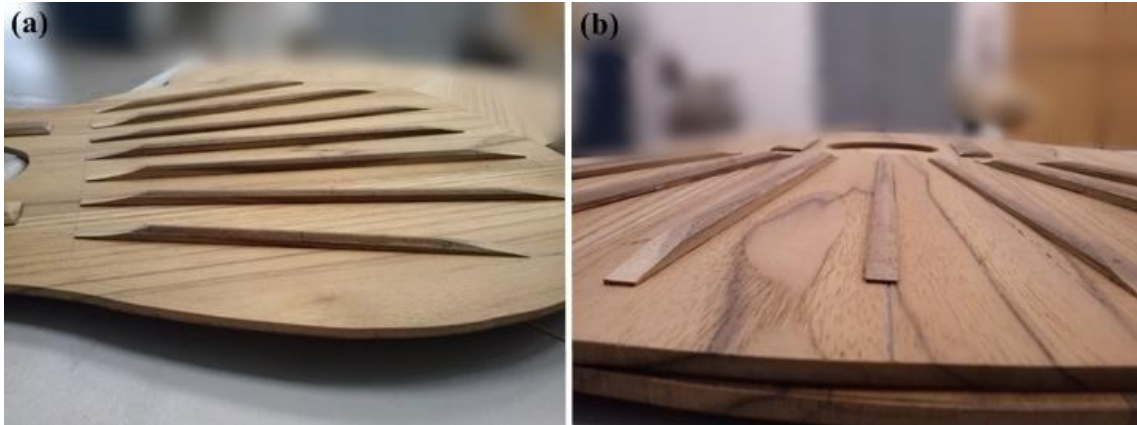
Figura 11- Disposição das barras, travessões e reforços.



Fonte: Autoria própria

Os leques harmônicos foram esculpidos para que apresentassem a forma final com as pontas chanfradas, apresentada na Figura 12. A colagem foi feita utilizando-se de adesivo instantâneo à base de Cianoacrilato líquido.

Figura 12- Vista lateral (a) e vista frontal (b) dos leques finalizados



Fonte: Autoria própria

Para a peça que faz o fundo do violão, foram utilizados três travessões de madeira de Teca, com dimensões de 17mm de largura, por 8mm de espessura, com comprimentos de 26,4; 22,1 e 35 cm respectivamente, dispostos conforme apresentado na Figura 13.

Figura 13- Fundo do violão com travessões



Fonte: Autoria própria

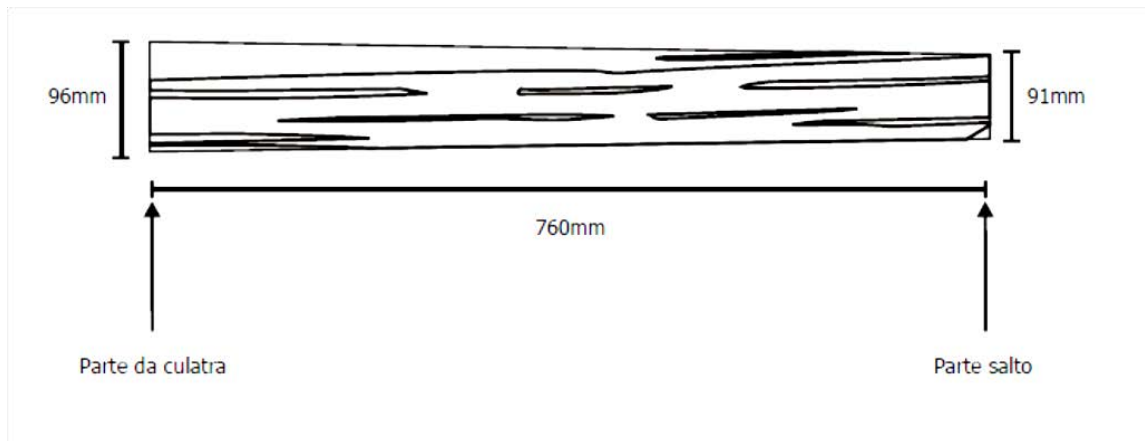
4.2 Obtenção das lâminas para as laterais

A lâmina usada para fazer as laterais do violão foi obtida seguindo o mesmo procedimento feito para obter as lâminas para o tampo e o fundo o instrumento, com o diferencial de que não foi necessário fazer a colagem lateral das mesmas, pois foram utilizadas duas laminas com dimensões iguais às das tábuas de Teca, sendo, 1500mm de

comprimento, 150mm de largura e espessura entre 1,8 e 2,8mm. Para atingir essa espessura as laminas foram usinadas na desgrossadeira e posteriormente lixadas.

Seguindo a especificação dos manuais de lutheria consultados, as dimensões reais das laterais foram desenhadas e posteriormente cortadas, conforme as dimensões apresentadas na Figura 14, resultando no aspecto apresentado na Figura 15.

Figura 14- Dimensões das laterais



Fonte: Adaptado de GOMES *et al*, (2004).

Figura 15- Lâminas laterais, após lixamento e definição das dimensões.



Fonte: Autoria própria

4.2.1 Moldagem das laterais na forma do corpo do instrumento

Para a moldagem das laterais no formato do corpo do violão, foi necessário montar um gabarito que foi confeccionado a partir de chapas OSB de 200mm x 600mm X 18mm (Figura 16).

Figura 16- Gabarito para moldagem das laterais



Fonte: Autoria própria

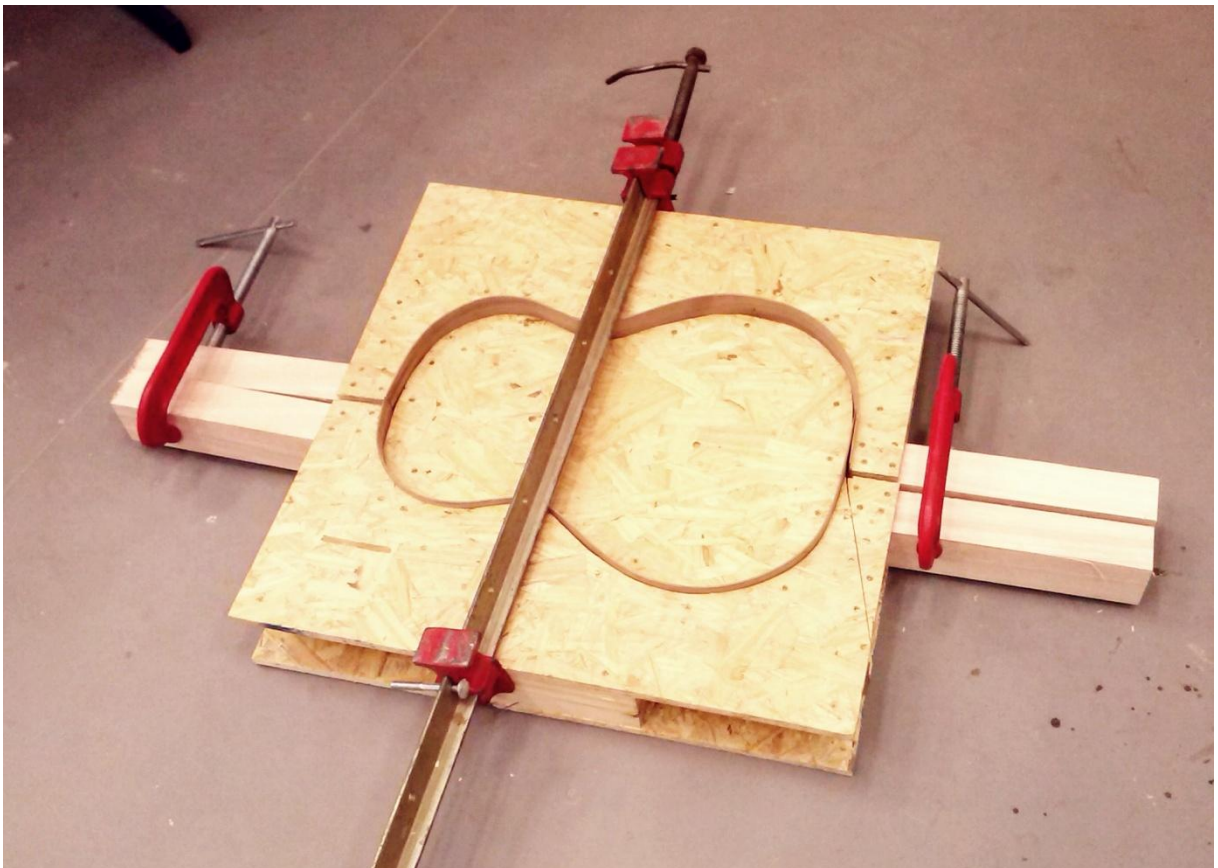
Para esse processo, foi necessário submeter as lâminas a um processo de cozimento em água fervente por aproximadamente 7 horas (Figura 17) para que a madeira atingisse o ponto de plasticização, ficando mais maleável e facilitando a moldagem. Após o período de cozimento, as lâminas foram imediatamente levadas ao molde e prensadas com ajuda de três sargentos, por pelo menos, uma semana (Figura 18).

Figura 17- Cozimento para plasticização da madeira



Fonte: Autoria própria

Figura 18- Lâminas prensadas no molde com ajuda de sargentos.



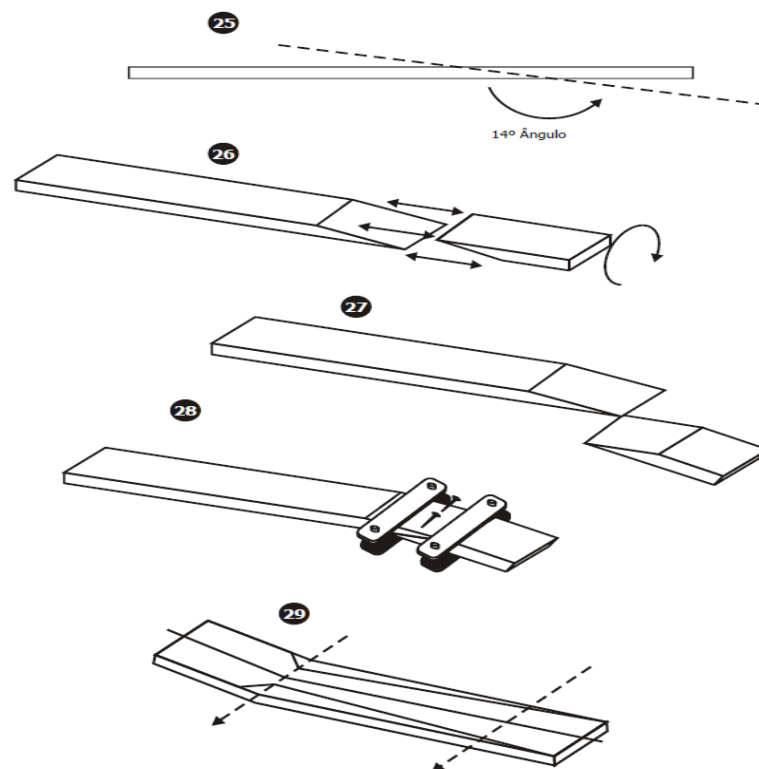
Fonte: Autoria própria

4.3 Montagem e confecção do braço e mão

Para a confecção da mão e do braço do instrumento também foi utilizada uma peça de *Tectonag grandis*, que a princípio deveria ser cortada nas dimensões de 600mmx80mmx20mm, porém foi feita com comprimento maior e posteriormente ajustada à essas dimensões.

A mão do violão foi confeccionada seguindo-se o procedimento descrito no manual de lutheria de Gomes *et al* (2004). Uma cunha com ângulo de 14° (o mais usado) foi cortada e, colada na peça maior (braço), conforme esquema da Figura 19.

Figura 19- Esquema para obtenção do ângulo da mão do instrumento



Fonte: Adaptado de GOMES *et al*, (2004).

A Figura 20 a seguir mostra o braço e mão depois desse procedimento e da cura da cola:

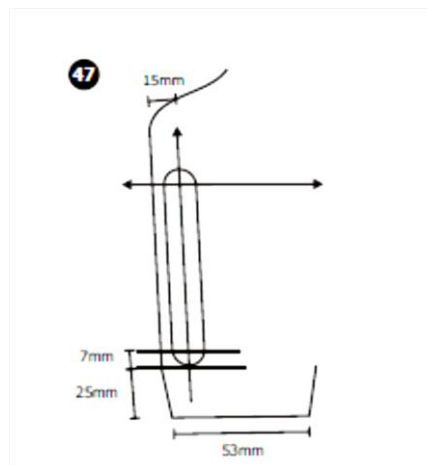
Figura 20- Braço e mão do instrumento



Fonte: Autoria própria

Após esse período, definiu-se como seria o desenho da mão e as dimensões do braço, para definição da escala. A Figura 21 mostra as distâncias que devem ser respeitadas para a abertura dos furos que receberão as tarraxas. Para esse violão foi utilizado o molde disponível na planta de Santos Hernandez.

Figura 21-Distâncias recomendadas para furação da mão do instrumento



Fonte: Adaptado de GOMES *et al.* (2004)

Feito o desenho do braço e da mão, utilizou-se a serra-fita para cortar a peça. (Figura 22).

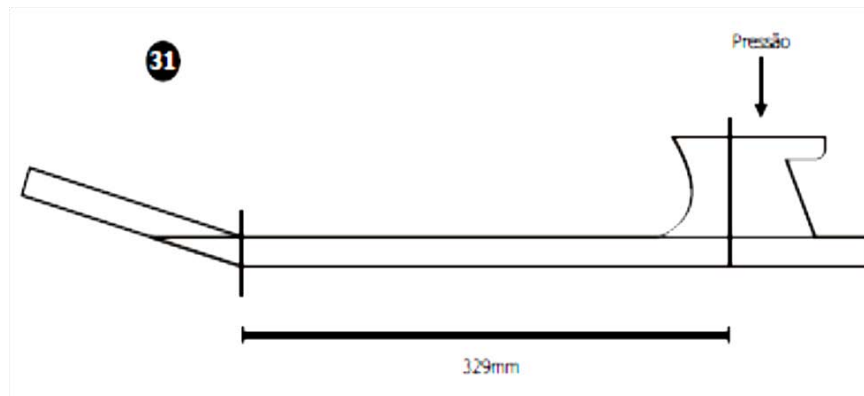
Figura 22- Desenho da mão do instrumento



Fonte: Autoria própria

Para a confecção do salto e do encaixe entre o braço e a caixa acústica, foi colada uma peça de madeira medindo 140 mm x 80 mm x 50 mm, desenhada, cortada, colada com cola branca e prensada por 24h conforme mostra a Figura 23 abaixo.

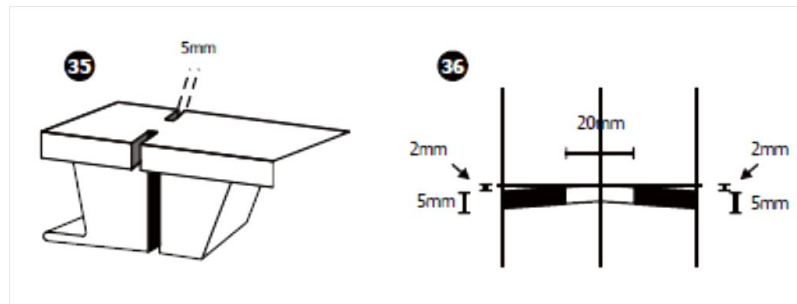
Figura 23- Esquema para a formação do salto e encaixe braço-caixa acústica.



Fonte: Adaptado de GOMES *et al* (2004)

A fixação das laterais foi feita pelo seu encaixe em um rasgo realizado na região do salto e com o auxílio de uma cunha, conforme ilustra o esquema da Figura 24.

Figura 24- Esquema para o encaixe das laterais



Fonte: Adaptado de GOMES *et al*, (2004)

Esses encaixes, após terem sido desenhados, foram feitos com auxílio da serra esquadrejadeira (Figura 25).

Figura 25- Confeccção das aberturas para o encaixe das laterais



Fonte: Autoria própria

Para conferir ao instrumentista melhor conforto ao tocar o instrumento o braço e o salto do instrumento foram esculpidos com auxílio de grossa, formão e lixa (Figura 26).

Figura 26- Acabamento do braço.

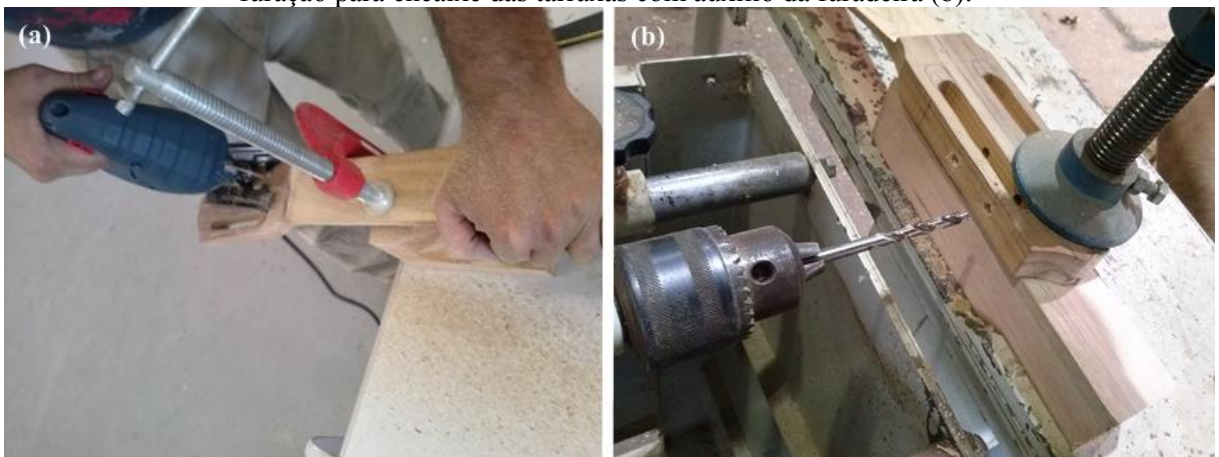


Fonte: Autoria própria

4.3.1 Finalização da mão

Com o auxílio de uma serra tico-tico manual e uma furadeira, foram abertos os furos para colocação das tarraxas (Figura27)

Figura 27- Abertura para colocação das tarraxas feita com auxílio de serra tico-tico manual(a) e furação para encaixe das tarraxas com auxílio da furadeira (b).



Fonte: Autoria própria

4.4 Escala

A escala foi confeccionada utilizando-se uma tábua de madeira de Jatobá cortada nas dimensões de 500 mm x 74mm x 8mm. Para colocação dos trastes, primeiramente foi

necessário definir as distancias entre eles, tendo como base o fator de proporcionalidade (K), calculado de acordo com a seguinte relação:

$$K = \frac{650}{579,08426}$$

Com esse fator pode-se calcular então as distâncias para escala padrão de 650mm, que foi a utilizada. Começa-se dividindo o comprimento de corda pulsante de 650 pelo fator K, obtendo 613,51835. Subtrai-se então esse valor de 650, resultando em 36,48 que é a distancia do primeiro traste, medida a partir do inicio da escala 40 física (GOMES *et al*, 2004). Segue-se o mesmo raciocínio para o posicionamento dos demais trastes, conforme demonstrado a seguir:

613,51835/fator K = 579,08426
 613,51835 – 579,08426 = 34,43 2º traste
 579,08426/1.059463 = 546,5828
 579,08426 – 546,5828 = 32,50 3º traste, e assim sucessivamente.

A Tabela 3 apresenta todas as distâncias para a colocação dos 19 trastes, seguindo o princípio descrito acima.

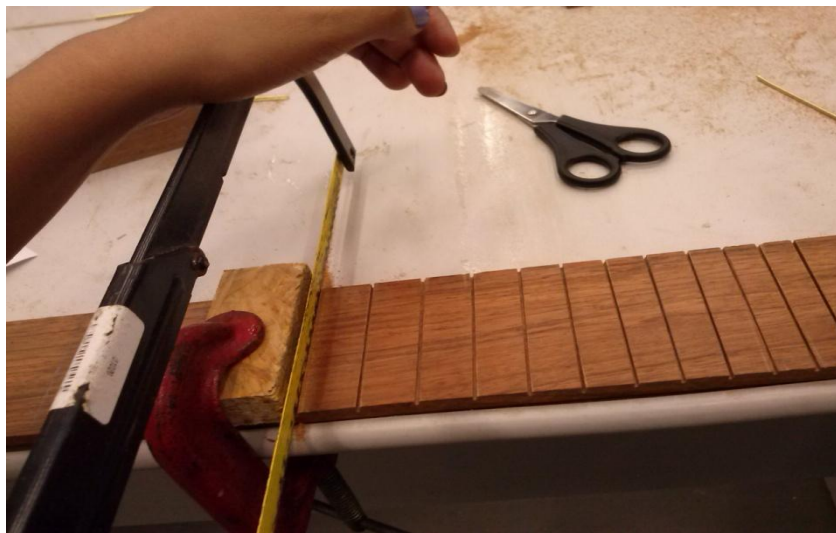
Tabela 3- Posicionamento dos trastes na escala de 650mm

CASA	DISTANCIA ENTRE CASAS (mm)	DISTANCIA A PARTIR DA PESTANA (mm)
1 ^a	36,482	36,482
2 ^a	34,434	70,916
3 ^a	32,501	103,417
4 ^a	30,677	134,094
5 ^a	28,955	163,049
6 ^a	27,330	190,379
7 ^a	25,796	216,175
8 ^a	24,348	240,523
9 ^a	22,982	263,505
10 ^a	21,692	285,197
11 ^a	20,474	305,671
12 ^a	19,329	325,00
13 ^a	18,241	343,241
14 ^a	17,217	360,458
15 ^a	16,250	376,709
16 ^a	15,338	392,047
17 ^a	14,478	406,525
18 ^a	13,665	420,190
19 ^a	12,898	433,089

Fonte: GARCIA, 2011.

Para o encaixe e colagem dos trastes foi necessário serrar os dutos com o auxílio de um arco de serra manual (Figura 28)

Figura 28- Separação das casas e abertura dos dutos para fixação dos trastes



Fonte: Autoria própria

A Figura 29 mostra a escala já cortada nas suas dimensões finais e com a maior parte dos trastes colocados e fixados com adesivo instantâneo à base de Cianoacrilato líquido.

Figura 29- Colocação dos trastes na escala



Fonte: Autoria própria

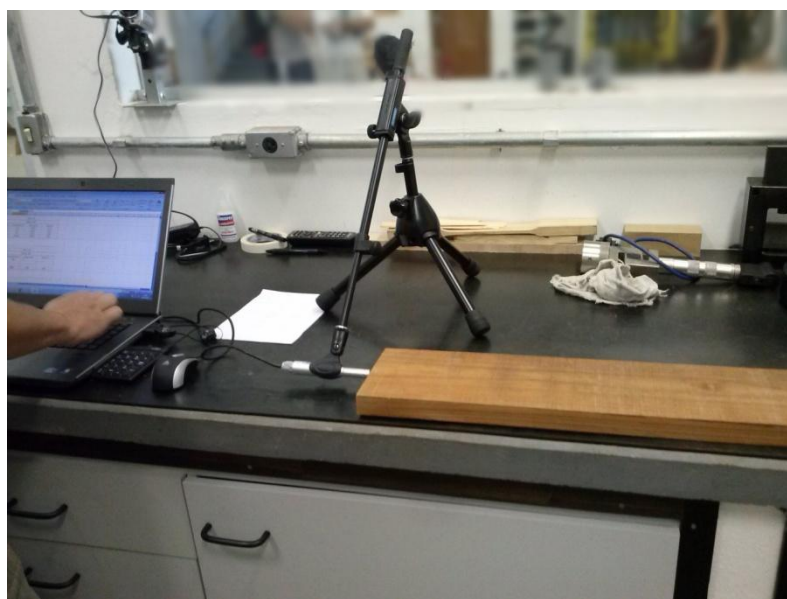
Furações foram feitas nas casas de número 5,7, 9 e 12 para colocação de madreperolas de indicação.

4.5 Determinação da densidade e da frequência natural de vibração

Utilizando-se do Sonelastic versão CP Based, que é um equipamento utilizado para ensaios não destrutivos e que capta as frequências de vibração natural do material através da técnica de excitação por impulso, disponível no Laboratório de Propriedades dos Materiais da UNESP-Câmpus de Itapeva. Foi analisado o Módulo de Elasticidade de duas das cinco tábuas de *Tectona grandis* para se estimar a frequência natural da espécie visto que não existe em literatura essa informação para espécies de madeira.

As duas tábuas foram medidas e pesadas e com esses dados, encontrou-se sua densidade aparente. Cada corpo-de-prova sofreu uma “batida” em uma das suas extremidades, enquanto um microfone fazia a captação de sua frequência na extremidade oposta. Os dados foram coletados por um programa específico do equipamento (Figura 30).

Figura 30- Ensaio mecânico não-destrutivo no Equipamento Sonelastic



Fonte: Autoria própria

4.6 Montagem

A montagem do instrumento se iniciou com o desmolde das laterais após uma semana de prensagem. Elas foram então seccionadas nas dimensões ideais do violão. Para evitar movimentações das laterais e garantir a forma correta do instrumento, toda a sua montagem foi feita com ajuda do mesmo molde utilizado para a prensagem (Figura 31).

Figura 31- Montagem do violão com auxílio do molde



Fonte: Autoria própria

Como todas as peças que compõem o tampo e o fundo (leques, travessões e reforços) já haviam sido coladas, o passo seguinte foi colar o reengrosso, constituído por filetes de compensado flexível, no interior das duas laterais para auxiliar na colagem do fundo e do tampo (Figura 32). Foi utilizado adesivo a base de Cianocrilato liquido, por ser de cura mais rápida.

Figura 32- Colagem do reengrosso, composto por filetes de compensado flexível



Fonte: Autoria própria

Simultaneamente foi efetuado o ajuste, encaixe e colagem do braço no instrumento. O tampo e o fundo do instrumento foram colados na parte interna por dentro das laterais e não

sobre elas. Para tanto, foi necessário o auxílio de uma lixadeira para ajustar o fundo e o tampo ao formato e tamanho das laterais (Figura 33), para que encaixassem perfeitamente.

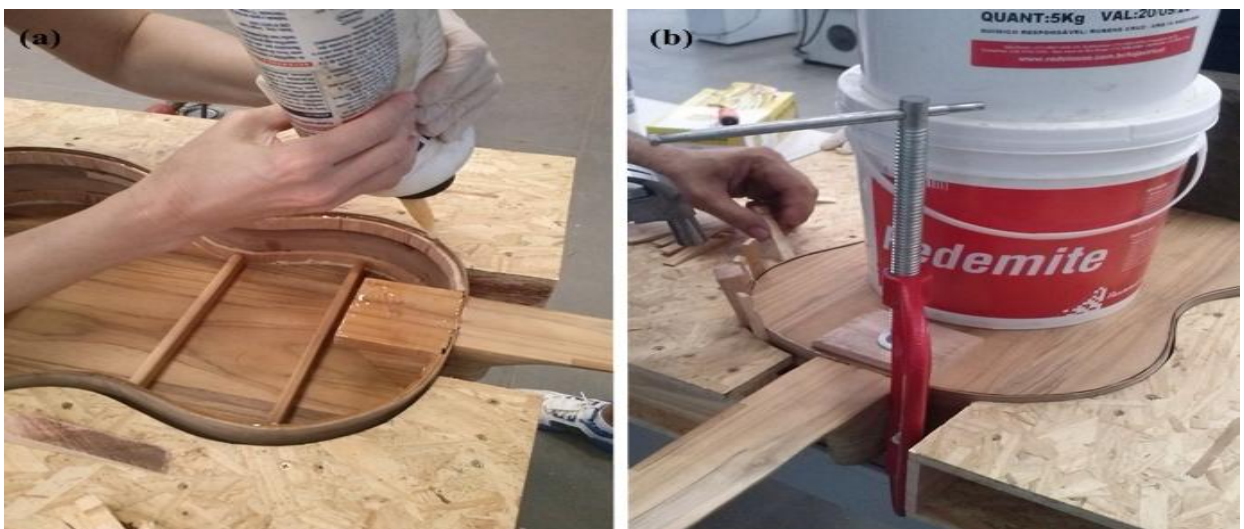
Figura 33- Ajuste do tampo para encaixe dentro das laterais



Fonte: Autoria própria

Para a colagem do tampo e do fundo utilizou-se de adesivo PU monocomponente – poliuretano (Figura 34a), de cura mais lenta e, por ser um adesivo expansivo, contribui na vedação dos eventuais espaços entre as peças. As peças ficaram sob prensagem durante 24h, utilizando-se objetos pesados, sargentos e cunhas para garantir uma boa colagem e evitar pequenas falhas (Figura 34b).

Figura 34- Aplicação de adesivo (a) e prensagem (b)



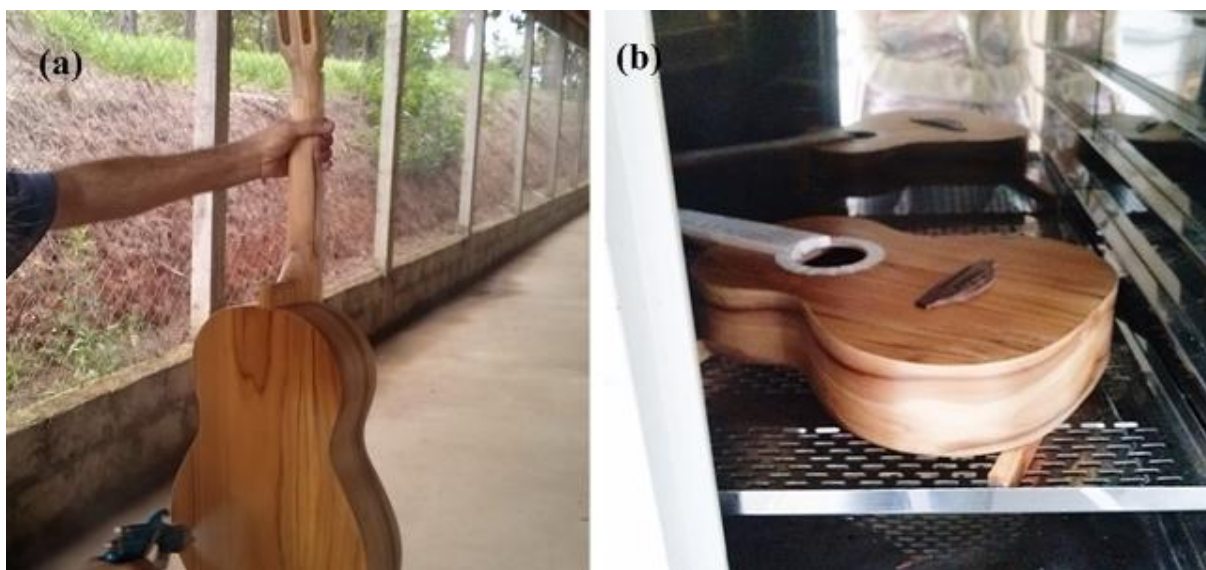
Fonte: Autoria própria

Com a montagem da caixa acústica finalizada, a escala e a pestana foram posicionadas por sobre o braço e tampo para definir o posicionamento do cavalete que foi colado com adesivo instantâneo. Também uma roseta auto-adesiva foi colada ao redor da boca do instrumento, de finalidade decorativa. Todas as peças foram coladas antes do acabamento com seladora e verniz. A escala foi colada utilizando o adesivo PU-monocomponente.

4.7 Finalização e acabamento

Devido à roseta e a escala já estarem coladas, foi necessário protegê-las com fita crepe para a aplicação da seladora. Foram passadas três demãos de seladora (Figura 35a) com intervalo de secagem na estufa, de 40 minutos entre as demãos (Figura 35b).

Figura 35- Aplicação de seladora (a) e violão secando na estufa (b).



Fonte: Autoria própria

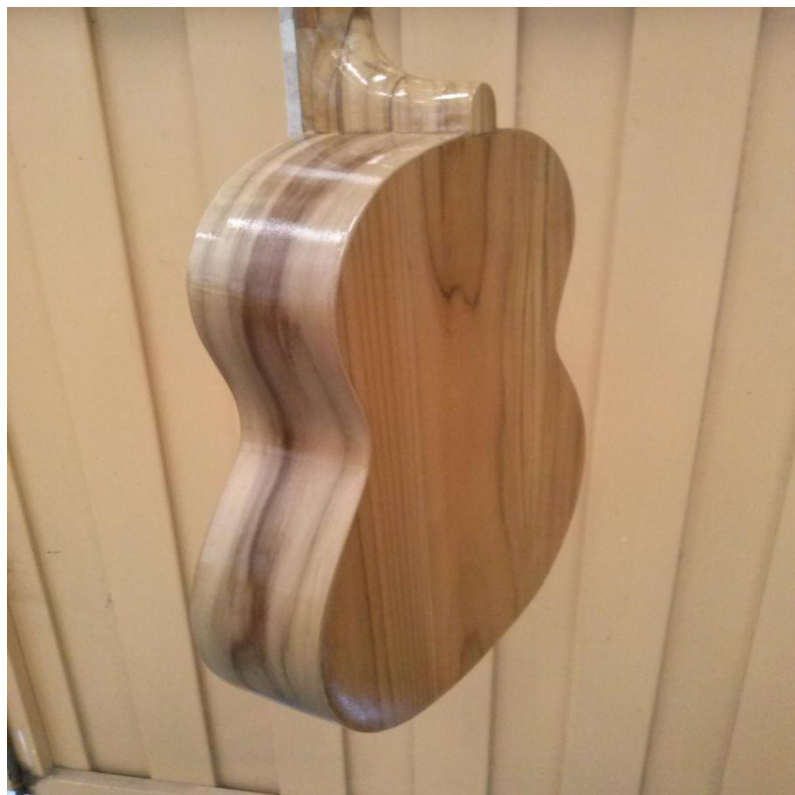
Por fim a pestana foi confeccionada e instalada no braço (Figura 36), bem como as tarraxas e as cordas e por fim envernizou-se o violão com verniz automotivo (Figuras 37).

Figura 36- Pestana



Fonte: Autoria própria

Figura 37 – Secagem do verniz



Fonte: Autoria própria

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dificuldades encontradas durante a confecção das peças do instrumento

Uma das principais dificuldades encontradas nesta etapa foi a obtenção das lâminas para laterais, tampo e fundo na espessura correta, já que as tábuas foram trabalhadas apenas na desgrossadeira. Seria mais adequado o processamento em uma lixadeira de banda larga, equipamento esse não existente na faculdade.

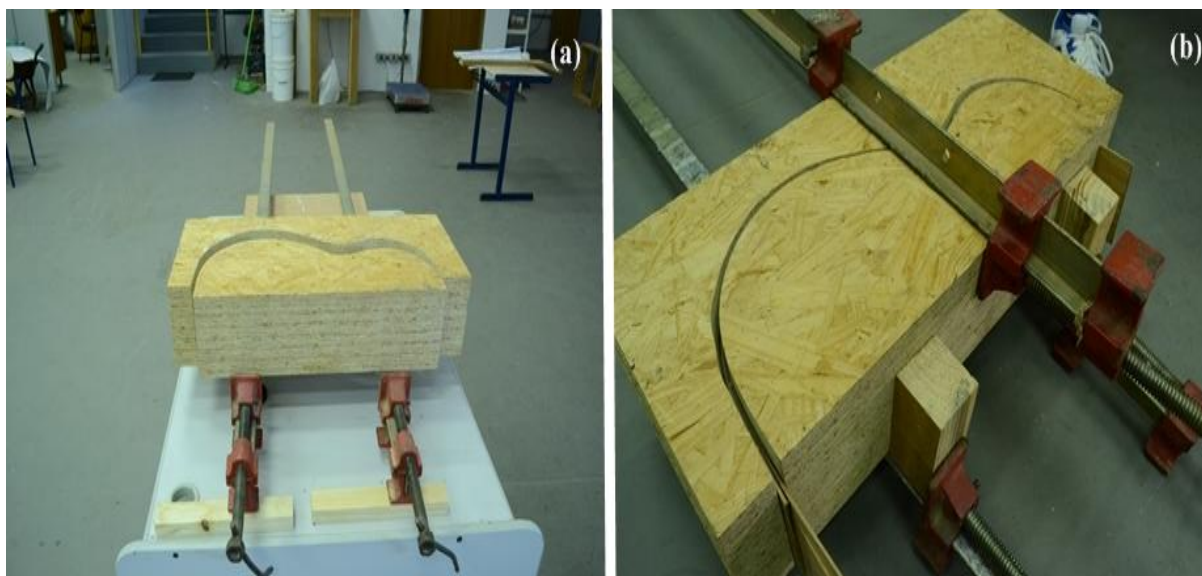
Outra dificuldade encontrada foi para modelar o braço do violão. Por ser uma atividade extremamente artesanal, requer alguma prática no manuseio das ferramentas, o que dificultou a obtenção de uma peça geometricamente mais perfeita.

Para a abertura do vão onde se encaixam as tarraxas, o mais ideal seria a utilização de uma furadeira horizontal com uma broca específica, o que proporcionaria um processamento mínimo para o posterior acabamento. A serra tico-tico manual, que foi utilizada opcionalmente, mostrou-se inadequada, visto que, essa abertura apresentou deformidades como um lado diferente do outro (mais arredondado, comprido e largo), necessitando de muito lixamento para equalizar as dimensões.

5.2 Dificuldades encontradas durante a montagem do instrumento

Inicialmente o primeiro gabarito a ser utilizado para moldagem das laterais (Figura 36a) não apresentou um bom resultado. As lâminas prensadas não ficaram bem moldadas, dificultando o seu encaixe com o tampo e o fundo. Pode-se atribuir essa não conformidade ao fato de com esse gabarito as duas lâminas foram moldadas ao mesmo tempo, uma em frente à outra (Figura 36b). Outro defeito apresentado nessa etapa foram trincas nas extremidades das lâminas muito provavelmente devido a essas extremidades não terem passado pelo processo de cozimento, ficando para fora do recipiente utilizado para o aquecimento da água.

Figura 38- Gabarito para moldagem (a) e lâminas prensadas (b)



Fonte: Autoria própria

Devido a esse problema, montou-se um novo gabarito adaptando-se o molde que seria usado apenas na montagem do instrumento.

Após a retirada das lâminas das laterais de dentro do molde, ainda foi necessário reduzi-las no comprimento para que elas se encaixassem nas ranhuras feitas no braço. Mesmo utilizando-se de instrumentos de medição, a união entre as duas partes que compõem a parte de baixo da caixa acústica não ficou centralizada (Figura 37).

Figura 39- Emenda entre laterais descentralizada.



Fonte: Autoria própria.

O encaixe entre tampo e fundo com as laterais poderia ser feito de duas formas: com o tampo e o fundo colado sobre as laterais, ou por dentro delas. Optou-se por fazer por dentro das laterais devido aos ajustes que seriam necessários caso fosse feito da primeira forma. Para tal, como dito antes, foi necessário colar os filetes de compensado flexível, a uma determinada distância da borda das laterais para facilitar o encaixe e a colagem.

Utilizando-se do adesivo instantâneo a base de Cianoacrilato líquido, acabou-se por colar além dos filetes também parte do molde dentro das laterais, necessitando da serra tico-tico manual para retirá-lo, porém partes do gabarito acabaram ficando coladas e sem condições de serem retiradas, pois poderiam acabar comprometendo as lâminas.

5.3 Dificuldades durante acabamento e finalização

Com a montagem do instrumento praticamente finalizada, foi necessário equalizar as alturas das laterais com o tampo e o fundo, visto que estes ficaram cerca de 1mm para baixo e também para retirar os resíduos de cola (Figura 38a). Para esse processo foram utilizadas lixas de grão 60 e, para o acabamento, lixas de grão 150 e 220 (Figura 38b).

Figura 40- Excesso de cola entre o tampo e a lateral (a) resultado após lixamento (b)



Fonte: Autoria própria

Na confecção da escala, optou-se por colar os trastes logo após a serragem dos dutos. A colagem da escala ao braço do violão foi realizada antes do acabamento com seladora e verniz. Para proteger os trastes e a escala, foi necessário cobri-los com fita crepe.

5.4 Determinação da densidade e da frequência natural de vibração

Os resultados obtidos com o equipamento Soneslastic PC based indicaram uma frequência média entre 2500 a 2800 Hz. Esses valores são dados em forma de intervalo devido a pouca madeira disponível, então não foi possível confeccionar pelo menos um corpo de prova de flexão estática para determinar o MOE dinâmico nas dimensões especificadas pela NBR 7190/97 de 50x50x1150mm e consequente valor de frequência natural da madeira de Teca.

Assim nas dimensões das peças de madeira disponíveis, obteve-se o modulo de elasticidade longitudinal dinâmico de cerca de 16000 MPA.

Na literatura encontram-se dados de MOE estático de madeiras com outras idades como, por exemplo, a madeira de Teca de plantio experimental estabelecido no noroeste do estado de Minas Gerais, com 13 anos de idade, que foi de 13042,8 MPA encontrado por FLOREZ (2012).

5.5 Tempo para construção do violão

Todo o processo de confecção do violão foi realizado em dois meses. A etapa que mais demandou tempo foi a de moldagem das laterais, haja vista que elas necessitam de uma semana de prensagem no molde. E para o inicio da montagem do instrumento as laterais são fundamentais.

5.6 Instrumento Finalizado

A Figura 41 mostra o instrumento finalizado.

Figura 41 – Violão finalizado



Fonte: Autoria própria

5.7 Avaliação da sonoridade

O instrumento foi avaliado por dois músicos amadores e dois professores de música da Escola de Música Municipal Prof^o. Hugo Bellezia.

Foi de senso comum entre eles que o violão apresentou três problemas principais:

- Algumas notas saíram trastejadas, ou seja, quando a corda é pressionada em uma casa ela esbarra nos trastes da escala e faz um som estremecido.
- O braço do violão apresenta uma espessura grande
- O peso do instrumento final é maior do que a maioria dos violões

Para corrigir tais problemas seria necessário ajustar a altura dos trastes na escala, diminuir a espessura do braço e com isso também diminuir parte do peso.

Outras sugestões também foram dadas, como a colocação de um tensor no braço para evitar empenamentos e também diminuir a espessura do tampo e do fundo para melhorar a sonoridade. Outra questão levantada foi estudar a madeira de Teca para definir em qual parte do violão ela apresenta características ideais, visto que o violão é composto de diversas partes e cada uma delas requer um conjunto de características específicas.

Quanto à sonoridade do instrumento todos os músicos se mostraram impressionados afirmando que o violão feito de Teca apresentava maior qualidade sonora do que violões feitos em fábricas.

6 CONCLUSÃO

Para se fazer esse instrumento musical não foram necessários equipamentos complexos, mas foi necessário um certo conhecimento de marcenaria. Mesmo com auxílio de manuais de lutheria muitas dificuldades foram encontradas devido à falta de experiência nesse tipo de trabalho.

Para considerações futuras, aconselha-se que toda a colagem dos leques harmônicos, travessões e reforços do tampo harmônico e do fundo seja feita no mesmo momento da montagem do instrumento. Recomenda-se também que o tampo e o fundo sejam confeccionados um pouco maior do que o molde, o que auxilia na montagem, para que eles sejam alocados externamente as laterais e não internamente como feito neste trabalho. Isso facilitaria a montagem em si e também o acabamento na junção entre as peças.

Aconselha-se também a colocar os trastes na escala após ele ser colado no braço e no tampo, assim facilitando o acabamento da escala. A utilização de uma furadeira para a abertura das tarraxas também é primordial.

Utilizar uma quantidade ideal de cola, pois quando se coloca muita cola demanda muito lixamento apenas para retirada de seus resíduos. A utilização de adesivo de cura instantânea deve ser evitada, pois ele inviabiliza a correção caso a peça tenha sido colada errada.

Foi de senso comum entre todos os músicos que testaram o instrumento, que ele apresentou problemas sonoros, devido à falta de ajuste na altura dos trastes da escala, peso elevado e braço muito grosso. Porém o instrumento foi aprovado unanimemente, destacando que o violão de Teca apresenta qualidade sonora superior à violões de fábrica.

A lutheria é, acima de tudo, uma arte tradicional que atravessa os séculos, mas se aliada à ciência pode produzir resultados diferentes dos habituais, proporcionando novas alternativas de matérias-primas e métodos de confecção de instrumentos.

A madeira de Teca (*Tectona grandis*) apresentou boa trabalhabilidade e resistência durante todo o processo de fabricação do instrumento. Além de seu belo desenho, formando assim um instrumento final bonito, mesmo que ainda não nos padrões de qualidade estética, devido a dificuldades no processo de construção.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas**. Anuário estatístico ABRAF 2013 - ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p.

ANATOMIA do Violão. 2012. Disponível em:
<<http://blog.cancaonova.com/musicadedeus/anatomia-do-violao/>>. Acesso em: 20 out. 2014.

ANDRADE, Eduardo. **O leque harmônico**. 2011. Luthier. Disponível em:
<<http://ealuthier.blogspot.com.br/2011/03/o-leque-harmonico.html>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

ANGELI, A.; STAPE, J. L. **Tectona grandis (Teca)**. 2003. Disponível em:
<<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 20 set. 2014.

AREFLORESTA. **Mato Grosso tem maior área plantada de Teca da América Latina**. Notícias. 2013. Disponível em: <<http://www.arefloresta.org.br/noticias/noticia.asp?id=34>>. Acesso em: 20 set. 2014.

BERNARDO, F. **Leques Harmônicos**. 2008. Disponível em:
<<http://beluthier.blogspot.com.br/2008/12/leques-harmnicos.html>>. Acesso em: 22 out. 2014.

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**. 2000. 296 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia dos Materiais Lenhocelulósicos, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2000.

BRITO, Eduardo. **Madeiras de Luteria**. Site de luthier. Disponível em:
<<http://www.ebluthier.com.br/>>. Acesso em: 01 nov. 2014.

BUCUR, V. **Acoustics of Wood**. 2. ed. Berlim: Springer, 2006. 393 p. (Springer Series in Wood Science).

CHAGAS, S. F. **Propriedades da madeira de *Tectona grandis* (l.f.), visando a sua utilização para peças preservadas**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Mg, 2013. Disponível em: <http://www.tede.ufv.br/tedesimplificado/tde_arquivos/4/TDE-2013-07-18T122950Z-4694/Publico/texto completo.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014.

COUTO, A. L. M. **FÍSICA DO VIOLÃO: Análise Qualitativa do Som de Violões**. 2006. 27 f. TCC (Graduação) - Curso de Física, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em:
<<http://www.ucb.br/sites/100/118/TCC/1º2006/TCCAndreLuizdeMacedoCouto.pdf>>. Acesso em: 31 out. 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA (Paraná). **TECA: *Tectona Grandis***. 2004. Disponível em:
<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/folders/Teca_2004.pdf>. Acesso em: 20 set. 2014.

- FAVARE, Lilian Guimarães de. **Doses crescentes de nitrogênio, fósforo, potássio e diferentes níveis de saturação por bases em relação ao desenvolvimento e nutrição mineral de teca (tectona grandis l.f.) , sob condições de vaso.** 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “julio de Mesquita Filho”, Botucatu, . Disponível em: <<http://www.pg.fca.unesp.br/Teses/PDFs/Arq0743.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2014.
- FERNANDES, G.A. **Avaliação de madeiras brasileiras para utilização em guitarras elétricas.** 2004. 41f. Graduação em Engenharia Florestal – Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade federal de Brasília, Brasília.
- FLÓREZ, J.B. **Caracterização tecnológica da madeira jovem de eca (tectona grandis l. f.),** 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia da Madeira, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.
- FOELKEL, C. **4 Espécies de Importância Florestal para a Ibero - América: Teca - Tectona grandis.** 2013. Disponível em: <http://www.celso-foelkel.com.br/pinus/PinusLetter40_Tectona_grandis.pdf>. Acesso em: 18 out. 2014.
- GARCIA, J.N. **Manual de fabricação de violão de eucalipto.** Piracicaba, 2011. (Não Publicado).
- GOMES, L.; LAGE, R.; MOURÃO, A. **Manual de Lutheria: curso básico.** Manaus: UNICEF, 2004.
- ORIGEM do violão. Disponível em: <<http://www.mundodoviolo.com.br/historia/origem-do-violao/>>. Acesso em: 22 out. 2014
- PELLISSARI, A. L. et al. **Cultivo da teca: características da espécie para im plantação e condução de povoamentos florestais.** 2014. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/Agrarian Academy/2014a/cultivo.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2014.
- PORTO, A. L. G. **Questões de preservação de bens culturais: a madeira como objeto de estudo.** 2010. 235 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000479501&fd=y>>. Acesso em: 01 nov. 2014.
- RETRATIBILIDADE: A Retratibilidade da Madeira. 2001. REVISTA DA MADEIRA - EDIÇÃO Nº59 - SETEMBRO DE 2001. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=26&subject=Retratibilidade&title=A Retratibilidade da Madeira>. Acesso em: 01 nov. 2014

SLOOTEN, H. J. van der; SOUZA, M. R. de. **Avaliação das espécies madeireiras da Amazônia selecionadas para manufatura de instrumentos musicais**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 1993.

SOUZA, M. R. de. **Classificação de madeiras para instrumentos musicais**. Brasília: IBDF / DEL / LPF, 1983. 21p.

SOUZA, M.R. et al. **O som das árvores brasileiras**, Brasília: 2008. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/mediawiki/index.php/Madeiras_Para_Instrumentos_Musicais>. Acesso em 08 abr. 2014

TELES, R. F. **Avaliação de madeiras amazônicas para utilização em instrumentos musicais: madeiras para violões**. 2004. Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/violao_final.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2014.

TONINI, H.; COSTA, M. C. G.; SCHWENGBER, L. A. M. **Crescimento da Teca (*Tectona grandis*) em Reflorestamento na Amazônia Setentrional**. 2009. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/PFB/article/viewArticle/11>>. Acesso em: 08 abr. 2014.