

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS E ENGENHARIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

FERNANDA ALVES CATEIN

CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Cedrela odorata* DESTINADA A  
FABRICAÇÃO DE OFURÔ

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2019

FERNANDA ALVES CATEIN

CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Cedrela odorata* DESTINADA A  
FABRICAÇÃO DE OFURÔ

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO  
ESPÍRITO SANTO

2019

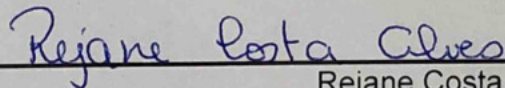
FERNANDA ALVES CATEIN

CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Cedrela odorata* DESTINADA A  
FABRICAÇÃO DE OFURÔ

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da  
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título  
de Engenheira Industrial Madeireira.

Aprovada em 17 de Dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

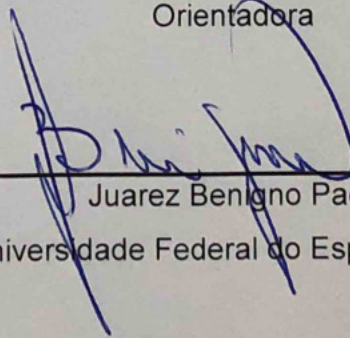


---

Rejane Costa Alves

Universidade Federal do Espírito Santo

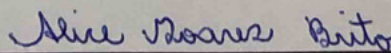
Orientadora



---

Juarez Benigno Paes

Universidade Federal do Espírito Santo



---

Alice Soares Brito

Universidade Federal do Espírito Santo

“Enquanto o comportamento autoafirmativo é apresentado como o ideal para os homens, espera-se das mulheres o comportamento submisso, mas também se espera esse comportamento submisso dos empregados e executivos, de quem se exige que neguem suas identidades individuais e adotem a identidade e os padrões de comportamento do grupo. Situação semelhante existe em nosso sistema educacional, no qual a autoafirmação é recompensada no que se refere ao comportamento competitivo mas é desencorajada quando se expressa em termos de ideias originais e questionamento da autoridade”

Fritjof Capra

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as coisas existentes no cosmos. Agradeço desde o Reino monera até o Reino Animalia. Tudo que existe é essencial para que eu, como humana, esteja em constante adaptação a esse caminho que o universo segue.

Quanto a sociedade, agradeço ao povo brasileiro que financia os meus estudos, possibilitando a existência da Universidade Federal do Espírito Santo. E a minha família, que é com quem posso contar.

Agradeço a todos os professores e demais funcionários do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias e do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Por cumprirem a missão de compartilhar o conhecimento, eu sou grata. Agradeço também aos colegas estudantes pela ajuda no trabalho, e pelo tempo de convívio.

Agradeço ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Ubá, Minas Gerais, em especial ao técnico do laboratório de ensaios em madeiras, móveis e tintas pela colaboração no trabalho.

## RESUMO

A indústria madeireira brasileira possui diversos produtos pouco estudados cientificamente, um deles é o ofurô. Ofurô é uma banheira destinada a banhos utilizando água aquecida com o intuito de relaxar, principalmente, o corpo humano. Para fabricá-lo, a madeira mais utilizada no Brasil, é a de cedro rosa, justificando a utilização nesse estudo. Sabendo que o efeito do clima pode alterar o comportamento da madeira, o objetivo desse trabalho foi avaliar o comportamento da madeira de cedro submetida à intempéries. O efeito do intemperismo natural e da água causaram defeitos nos ofurôs. A madeira utilizada foi classificada como normal, no que diz respeito à estabilidade dimensional. O teor de umidade e a densidade aparente diminuíram após o efeito do intemperismo acelerado, em contrapartida, o inchamento na direção tangencial, o inchamento e contração volumétrica aumentaram. Em relação a cor da madeira, o intemperismo foi suficiente para alterar a cor da madeira *in natura*, o que não ocorreu quando a mesma estava aplicada *stain*. O acabamento *stain* em temperatura ambiente teve aderência insuficiente para ser considerado material de qualidade. O mesmo não ocorreu quando submetido ao ensaio de intemperismo. A espessura da linha de cola variou em todos os tratamentos. O valor estimado para a construção de um ofurô em tamanho real, foi de R\$ 1361,60.

Palavras-chave: Cola. Estabilidade dimensional. Intemperismo. *Stain*.

## SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	ix
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 O problema e sua importância.....	2
1.2.1 Objetivo geral .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Considerações gerais para o estudo da qualidade da madeira para ofurô .....	4
2.2 O gênero <i>Cedrela</i> .....	5
2.3 Ofurô .....	5
2.4 Ligação das peças por meio de adesivo.....	6
2.5 Intemperismo acelerado .....	7
2.6 Estabilidade dimensional.....	10
2.7 Produto de acabamento e sua aderência .....	12
3 METODOLOGIA.....	13
3.1 Construção dos ofurôs e amostragem .....	13
3.2 Efeito da água na madeira e exposição ao ambiente .....	15
3.3 Intemperismo acelerado .....	18
3.4 Estabilidade dimensional, umidade e densidade .....	18
3.5 Avaliação da linha de cola .....	19
3.6 Colorimetria.....	22
3.7 Produto de acabamento e aderência.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1 Umidade, densidade e estabilidade dimensional.....	25
4.2 Efeito da água e da exposição ao ambiente e a relação com a estabilidade dimensional.....	29
4.3 Colorimetria.....	34
4.4 Linha de cola.....	37
4.5 Aderência .....	39
4.6 Construção de um ofurô com a madeira de cedro estudada.....	42
5 CONCLUSÕES .....	45
6 REFERÊNCIAS.....	47

**LISTA DE QUADROS**

Quadros	Página
Quadro 1 – Relação do coeficiente de anisotropia, qualidade da madeira e indicação para uso.	11
Quadro 2 – Classificação para área destacada	24
Quadro 3 – Alteração da madeira em diferentes temperaturas.	27
Quadro 4 – Valores médios encontrados para a variação dimensional de espécies do gênero <i>Cedrela</i> .	28
Quadro 5 – Espécies que apresentam baixa variação dimensional.	34
Quadro 6 – Material, quantidade, custo e especificação dos itens utilizados para a construção de um ofurô de 110 cm de diâmetro e 60 cm de altura.	42



**LISTA DE TABELAS**

Tabelas	Página
Tabela 1 – Valores médios da umidade e densidade, e o coeficiente de variação (%) entre os parênteses, sem intemperismo e após o intemperismo.	25
Tabela 2 – Valores médios do coeficiente de inchamento e contração em cada direção, variação volumétrica, fator anisotrópico.	26
Tabela 3 – Valores médios das variáveis de cor no sistema CIE L*a*b*, obtidos antes do intemperismos (AI) e depois do intemperismos (DI) em peças com e sem <i>stain</i> .	35
Tabela 4 – Valores médios da espessura da linha de cola e coeficiente de variação (%) entre os parênteses.	38
Tabela 5 – Valores encontrados após o teste de aderência	51

## LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
Figura 1 – Vista superior do ofurô de pinus (1), cedro australiano (2) e cedro rosa (3) com seus respectivos desenhos.	13
Figura 2 - Tábuas de cedro rosa utilizadas no experimento.	14
Figura 3 – Ofurôs antes das demãos de <i>stain</i> .	15
Figura 4 – Ofurôs antes (A) e depois (B) de lixar.	15
Figura 5 – Ofurôs antes e depois da primeira demão de <i>stain</i> .	16
Figura 6 – Medições com o paquímetro durante a análise.	16
Figura 7 – Local em que os ofurôs ficaram expostos durante 21 dias.	17
Figura 8 – Máquina de intemperismo.	18
Figura 9 – Amostras de densidade, estabilidade dimensional e umidade dispostas no suporte da máquina de envelhecimento.	19
Figura 10 – Amostras coladas lateralmente com adesivo epóxi.	20
Figura 11 – Adesivo epóxi biocomponente (componente A e B) utilizado.	20
Figura 12 – Peças de madeiras coladas lateralmente com adesivo epóxi formando os corpos de prova, antes (A) e depois (B) da aplicação do <i>stain</i> .	21
Figura 13 – Espectrofotômetro portátil.	22
Figura 14 – Produto de acabamento utilizado.	23
Figura 15 – Processo de aplicação da primeira demão do <i>stain</i> . (A) Durante a aplicação. (B) Amostras após a aplicação das quatro demãos do <i>stain</i> .	23
Figura 16 – Procedimento para determinação da aderência do <i>stain</i> nas amostras de madeira.	24
Figura 17 – Comportamento dos ofurôs em escala reduzidas quando em contato com água, temperaturas do ambiente e sol.	30
Figura 18 – Ofurô 4, onde a largura interna se manteve estável e não apresentou defeitos (A) consideráveis e a parte externa com defeito (B).	31
Figura 19 – Defeitos indicados com setas do ofurô 6 (A) e 7 (B).	32
Figura 20 – Amostras com e sem <i>stain</i> , antes e depois do intemperismo.	36
Figura 21 – Linha de cola principal (A) e ausência da linha de cola estendida.	37

Figura 22 – Desuniformidade da espessura da linha cola.	38
Figura 23 – Penetração da cola nos vasos indicado com setas.	39
Figura 24 – Amostra antes da aplicação da fita (A) e depois (B) com nenhuma área da película destacada.	41
Figura 25 – Amostra antes da aplicação da fita (A) e depois (B) com deslocamento de 65% de área quadriculada.	41
Figura 26 – Ofurô após a colagem das peças e com manchas causadas pela cola.	43
Figura 27 – Ofurô após a utilização da lixa de granulometria de 50 e 120	43
Figura 28 – Encaixe que poderia substituir o uso da cola	44
Figura 29 – Ofurô finalizado	45

## 1 INTRODUÇÃO

Em livros que contam a história da imigração japonesa para o Brasil, há relatos de que os ofurôs chegaram ao País junto com os japoneses e que, hábitos como tomar banho sentado em uma banheira circular de madeira, após um longo dia de trabalho, eram ridicularizados por brasileiros (MORAIS, 2000). Já no livro que conta a história dos cem anos da imigração japonesa para o Brasil, Arai e Hirasaki (2008) contam que os imigrantes se banhavam dentro de um barril metálico, aquecido com lenha para lembrar dos ofurôs da terra natal.

Atualmente, profissionais da área da saúde, no Rio de Janeiro, utilizam a técnica “banho de ofurô” nas maternidades, e pesquisadores relataram que os recém-nascidos ficam mais tranquilos, cessam o choro e adormecem. Além de apresentarem melhora na amamentação, justamente por estarem mais relaxados após o banho. Acredita-se que, o banho de ofurô ajuda o bebê a se adaptar ao ambiente extrauterino, pois a banheira promove um ambiente semelhante ao útero da mãe (Perini et al., 2014). Nesse trabalho, o material do balde não foi identificado, mas Ataíde et al. (2016), que desenvolveu um estudo parecido, utilizou um balde de plástico, e também reconheceu os benefícios dessa técnica.

É possível que o banho de ofurô traga benefícios para o corpo humano independente da idade, visto que há relatos sobre os efeitos da água no corpo. Por isso, *spas* e hotéis, por exemplo, investem em banheiras de diferentes materiais para atender o público interessado. No mercado, encontram-se ofurôs produzidos com materiais como plástico e fibra de vidro, e a madeira se tornou apenas, mais um material possível para esse fim. Conduto, investir em estudos que possibilitam comprovar que a madeira é um bom material, e que há várias espécies que podem ser utilizadas para fabricação desse produto, é essencial para contribuir positivamente com o comércio de ofurôs produzidos com madeira.

Na indústria madeireira brasileira, o ofurô, é mais um, entre muitos produtos, em que a qualidade da madeira para a sua fabricação é pouco estudada. Investigar a qualidade da madeira para determinado produto é fundamental, pois assim descobre-

se as propriedades que se tornarão indicadoras baseado no comportamento do produto. E então é possível encontrar outras espécies que poderão ser utilizadas em na fabricação do produto por apresentarem características semelhantes. Por isso, avaliar as propriedades tecnológicas da madeira de cedro, que é a mais utilizada no Brasil para a fabricação de ofurô, relacionando com a ação do clima do ambiente em que o produto é exposto, se torna um ponto de partida para descobertas sobre o comportamento de mais um produto da indústria madeireira.

### **1.1 O problema e sua importância**

Para entender como emprega-se a madeira no ofurô é importante contextualizar sobre sua fabricação. Na construção, os materiais utilizados são: madeira, cinta de aço, cola (opcional, quando utiliza-se encaixes) e produto de acabamento. O ofurô é composto por duas partes, que serão denominadas base e corpo, ambas utilizam madeira como material principal. A base é formada por peças unidas por encaixes e cola, o corpo é encaixado na base e as peças são coladas lateralmente formando a banheira. Após o encaixe, coloca-se a cinta de aço para proporcionar maior estabilidade ao conjunto e por fim, utiliza-se o produto de acabamento.

Após a banheira estar pronta para uso, ela será preenchida com água. E a partir desse momento, as peças irão absorver essa água e ocorrerá o inchamento, aumentando o volume das peças, isso fará com que as discontinuidades entre as peças passe a não existir e o ofurô mantenha-se vedado. É normal que, até que as peças entrem em equilíbrio, ocorram pequenos vazamentos. O vazamento é considerado um problema, se ele for constante.

Além da água, que provoca mudanças no comportamento da madeira é necessário considerar que o ofurô é um produto que pode ser instalado em ambientes internos e externos, estando assim sujeito aos efeitos do ambiente em que é exposto. O efeito das ações ambientais podem afetar o desempenho da madeira causando problemas no produto, como vazamentos. Esses efeitos ambientais afetam a madeira, principalmente, quando usada em ambientes externos, por isso, o estudo desse trabalho é direcionado ao intemperismo acelerado, que pode simular situações de ambientes externos.

Com intuito de proteger as peças da ação do intemperismo, um produto de acabamento é utilizado no ofurô. Por isso, é importante analisar o grau de proteção que o produto oferece relacionando com as condições em que a madeira será exposta, e assim concluir sobre o desempenho do produto.

Por esses motivos e tendo em vista a diferença no comportamento da madeira de acordo com o local em que ela está inserida, a investigação sugerida neste trabalho está relacionada com o impacto das condições climáticas em peças com produto de acabamento e unidas com adesivo, que estarão em contato com água. Para isso, é necessário que se respondam às perguntas: A madeira utilizada possui propriedades adequadas para o uso? Qual o grau de influência do fator intemperismo nas propriedades das madeiras? O intemperismo diminui a eficácia das uniões? Existem outras espécies capazes de serem utilizadas para a mesma finalidade?

### **1.2.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito da água e do intemperismo no comportamento de peças de madeira de cedro rosa destinadas a produção de ofurô.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar as propriedades físicas da madeira com e sem influência do intemperismo artificial;
- Analisar o efeito da água na madeira exposta em ambiente externo;
- Analisar a influência do intemperismo nas ligações;
- Testar o produto de acabamento sob influência do intemperismo;
- Construção do ofurô.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Considerações gerais para o estudo da qualidade da madeira para ofurô

Quando deseja-se analisar a qualidade da madeira destinada a um produto, em que não foram encontradas referências científicas sobre o assunto, que é o caso do ofurô, faz-se necessário entender como ocorre o processo de fabricação e o que os clientes esperam do produto. Analisar as informações disponibilizadas nas plataformas *online* das empresas, assim como analisar *sites* como o “Reclame aqui”, são formas de adquirir uma base de dados para começar o estudo.

Empresas que comercializam ofurôs de forma *online*, que foram encontradas até o momento do presente trabalho, foram: KanTui, Ofurô Brasil, Ofurô & Cia, Central Espaço, Água Nativa, Multiforma e Degga Ofurô. Todas essas empresas utilizam a madeira de cedro rosa para a produção dos ofurô e as empresas KanTui e Multiforma utilizam também a madeira de teca.

A empresa Multiforma (2019), informa que a madeira a ser utilizada deve ter estabilidade dimensional, não deformar ou empenar com o tempo, e ainda possuir densidade aparente classificada como média. A Degga Ofurô (2018), descreve em suas redes sociais que a madeira empregada para essa destinação tem que ser leve e resistente. A KanTui (2019) explica que passou a usar a madeira de teca por possuir características como boa estabilidade, textura aveludada, ser madeira de reflorestamento. A mesma empresa ainda indica que, dentre as maiores vantagens em se utilizar madeira na fabricação desse produto, está a capacidade de se manter a água quente, havendo uma perda igual a 0,5 °C por hora, quando se utiliza a tampa.

Ao verificar o *site* Reclame aqui (2019) em busca de defeitos que esse produto pode apresentar, é possível perceber que a maior número de reclamações foi com relação a vazamentos no ofurô. O que já era esperado, e por isso é um dos itens de estudo deste trabalho.

## 2.2 O gênero *Cedrela*

Na família Meliaceae encontra-se a *Cedrela odorata* e *Cedrela fissilis*, ambas são conhecidas como cedro e são comercializadas no Brasil. A *Cedrela odorata* é uma árvore que apresenta de 25 a 35 m de altura, tronco com diâmetro de 90 a 150 cm, frutos com cápsulas de 2 a 3,5 cm de comprimento, e a principal diferença entre a *C. fissilis* e *C. odorata*, é que a última apresenta fruto maior, podendo medir de 4,5 a 8,5 cm de comprimento (LORENZI, 1998).

A *Cedrela odorata* ocorre em todas as formações vegetais do Brasil, exceto no Cerrado, sendo mais frequente na Mata Atlântica e na floresta Amazônica. Ela também ocorre em outros países da América do Sul (LORENZI, 1998; SAKARAGU, STEFANO; CALAZANS, 2015). Segundo o Centro Nacional de Conservação da Flora – CNCFLORA (2012), a *Cedrela odorata* está em risco de extinção, sendo um espécie de alto valor comercial que vem sendo explorada há mais de dois séculos.

A madeira de cedro é uma madeira classificada como leve, macia, estável dimensionalmente, moderadamente resistente ao ataque de pragas, de cor rosa, apresenta boa trabalhabilidade, cheiro agradável, gosto amargo, possui boa resistência mecânica, ou seja, é considerada uma das melhores do País e pode ser utilizada para produção de móveis, laminados, lambris e compensados e ainda é uma opção para empregar em reflorestamento. (LORENZI, 1998; SILVA, 2017; CALDERON et al., 2018; FERNANDES, VALLE; CALDERON, 2018)

## 2.3 Ofurô

Ofurô é o nome dado, para uma banheira de origem japonesa, utilizada para banhos relaxantes, e a água deve estar entre 35 e 37 °C (AULETE, 1980). As empresas fabricantes relatam que trata-se de um costume japonês antigo, e que os orientais acreditam que na posição fetal a pessoa pode relembrar da experiência do ventre materno e os benefícios do banho em água aquecida são: combate ao estresse, insônia, dores musculares, melhora da circulação sanguínea (MULTIFORMA, 2019; KAN TUI, 2019; OFURÔ E CIA, 2018). Ainda segundo os fabricantes, a madeira é um



excelente material, pois retém o calor dentro da banheira (OFURÔ BRASIL, 2018; KAN TUI, 2019)

A água contida em uma banheira proporciona ao ser humano um ambiente adequado para o relaxamento dos músculos quando se encontra em temperatura entre 35° a 37° C (BATES E HANSON, 1998). Com o passar do tempo, na água morna, o corpo humano relaxa. Relaxar o corpo humano, se torna importante em um período em que, de acordo com Cury (2013), o mal do século é a ansiedade.

O Brasil é um País em que 9,3% da população apresentam transtorno de ansiedade, sendo, de todos os países do globo terrestre, o que apresentou os maiores números de casos em 2017, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (2017). Mais horas de trabalho do que horas de descanso, excesso de informação, utilização exagerada de redes sociais, cenário político, desemprego, excesso de afazeres, falta de segurança, excesso de trânsito podem ser fatores que causam a ansiedade em seres humanos (CURY, 2013).

Dessa forma, a indústria madeireira pode contribuir na promoção do bem estar das pessoas com a disponibilização de produtos como o ofurô de madeira, sendo fundamental que haja pesquisas que estudem a madeira de diferentes espécies para identificar o potencial para utilização na fabricação desse produto.

#### **2.4 Ligação das peças por meio de adesivo**

A união de peças de madeira por meio de adesivo é utilizada há muitos anos e atualmente conta com muitas opções no mercado. Os adesivos podem ser inorgânicos ou orgânicos (sintéticos ou naturais), os naturais compreendem adesivos animais e vegetais e os adesivos sintéticos podem ser de borracha, fenol-resorsinol-formaldeído, amina (ureia-formaldeído e melanina-formaldeído), resina epóxi e acetato de polivinila (CARRASCO, 1984; FRIHART; HUNT, 2010; BIANCHE, 2014). Para que ocorra uma boa ligação, é necessário analisar o comportamento do adesivo e do aderente (madeira).

Para unir duas peças de madeira utilizando um adesivo, Marra (1992), citado por Bianche (2014) descreve que o adesivo deve apresentar características como ter boa adesão e tensão de coesão. A adesão trata-se da ligação de duas superfícies diferentes (madeira-adesivo), enquanto coesão refere-se a união de moléculas semelhantes (interação entre as moléculas do adesivo), essas forças são responsáveis pela união de duas peças (ULKER, 2016). Para que ocorra uma boa união, é necessário que o adesivo flua sobre a madeira e penetre em suas células, e a ligação adesiva ocorra quando o adesivo se solidifica, lembrando que as características da espécie de madeira também influenciam a colagem (FRIHART; HUNT, 2010).

No caso da utilização de adesivo para a fabricação do ofurô é necessário que o adesivo a ser utilizado possua características como cura à temperatura ambiente, resistência a água, alta durabilidade da união e adesão química. A resina epóxi possui as características desejáveis para a produção do ofurô, pois Carneiro (2010) relata que esse adesivo possui boa resistência à água, alta resistência mecânica, excelente aderência a diversos tipos de fibra e substratos, resistentes a ações químicas e ainda, durante o processo de cura, baixa retração.

A resina epóxi escolhida para ser utilizada nesse trabalho é da Nauticola, empresa localizada do Espírito santo, e produz a Nauticola adesivo epóxi, que é uma cola comercializada para usos variados, como reparos domésticos em madeira, calafetagem de barcos, colagem de isopor para evitar possíveis vazamentos e até mesmo para plataformas petrolíferas (NAUTICOLA, 2019). Os componentes da cola são vendidos separados em duas embalagens, sendo que uma comporta o componente A (epóxi) e a outra, o componente B (endurecedor). Para a utilização, basta misturar a mesma proporção de ambos em um recipiente.

## **2.5 Intemperismo acelerado**

A partir do momento em que a árvore é cortada e a madeira é exposta as condições de um ambiente que não é o tronco, a ação do clima começa a atuar nesse material promovendo alterações em suas células e com o passar do tempo, o efeito do clima

provoca deterioração na madeira. Essas afirmações podem ser constatadas ao ler autores como os que serão expostos neste tópico.

Em 1975, o Laboratório de Produtos Florestais - LPF, do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (FEIST; MRAZ, 1975) emitiam uma nota de pesquisa tratando do intemperismo na madeira, fornecendo informações sobre como a exposição ao sol e a chuva afetam as características da madeira. Ainda na década de 1980, Feist (1983), publicou uma revisão baseada em autores que estudavam a degradação da madeira naquela época, e citou Feist e Mraz (1975), como autores que reforçaram teorias como a que a ação da umidade, a luz, o calor e forças mecânicas são fatores que colaboram para que ocorram alterações na madeira, dando origem ao que se chama intemperismo, tais danos atingem apenas os primeiros milímetros da superfície da madeira, e com o passar do tempo, desenvolve-se uma camada superficial de cor escurecida.

A radiação produzida pelo sol é absorvida pela madeira, que é degradada por causa dos raios ultravioletas de acordo com o tempo que a mesma é a exposta a luz, além disso, o nível de degradação e seus efeitos também variam de acordo com o componente químico da madeira (celulose, hemicelulose e lignina), como consequência, há mudanças na cor, brilho, rugosidade e nas propriedades físicas e mecânicas (HON, 2001). Autores como Chang, Hon e Fiest (1982) relataram também que, a fotodegradação influencia características anatômicas e que varia de acordo com a seção estudada (transversal, radial e tangencial), descrevendo que a seção transversal e radial do pinheiro foram severamente danificadas, enquanto a seção tangencial foi bastante resistente.

Para observar como a madeira é degradada, é necessário que haja uma variação climática ao longo de um período de tempo, já que eventos como chuva, diferença de temperatura, luz, umidade e vento ocorrem em diferentes momentos do tempo. Assim, para que as análises destinadas a estudar o envelhecimento pudessem ser desenvolvidas de forma rápida, elaborou-se um equipamento que tem por objetivo simular o efeito da ação climática de forma acelerada, e tem sido utilizado em laboratórios de algumas universidades brasileiras, auxiliando em pesquisas científicas sobre madeiras tropicais (SANTOS et al., 2017; LEÃO et al, 2017; SILVA, PASTORE;

PASTORE JUNIOR, 2006; BARRETO; PASTORE, 2009; PASTORE et al., 2008; SILVA; GONÇALEZ, 2013). De acordo com esses autores, as lâmpadas ultravioleta simulam a radiação ultravioleta, bicos de saída de água em *spray* simulam a ação da chuva e a variação da umidade relativa é simulada por meio de pontos de saída de vapor de água para efeito de condensação.

Ao submeterem cinco espécies ao intemperismo artificial tratadas com produtos de acabamento, Silva, Pastore e Pastore Junior (2006) avaliaram o grau de proteção do produto por meio de espectrocolorimetria, e perceberam a resistência dos produtos de acabamentos são influenciados pela espécie em que são aplicados. Encontrando valores maiores de proteção do verniz nas madeiras de ipê-roxo e maçaranduba, e para as espécies de itaúba e tatajuba, o *stain* foi o produto que obteve melhor desempenho. No entanto, para a madeira tauari, muito utilizada na indústria moveleira, os dois produtos apresentaram um bom desempenho, não havendo diferença estatística entre eles.

Barreto e Pastore (2009) estudaram a influência do intemperismo acelerado no efeito dos extrativos relacionando-os com a cor. Pastore et al. (2008) avaliaram o comportamento da madeira submetida ao intemperismo artificial por meio da espectroscopia de infravermelho (DRIFT) e observaram que a formação e lixiviação de compostos carbonílicos dentre as quatro espécies estudadas, apresentaram diferenças significativas, e que a lignina foi o componente degradado mais rapidamente, quase desaparecendo em longos períodos, independente da espécie, como já relatado pelo LPF (1985).

Leão et al. (2017) e Silva e Gonzalez (2013) são autores brasileiros que relacionaram o intemperismo artificial com a madeira do gênero *Cedrela*. Esses trabalhos, relaciona-o com a cor da madeira, avaliando a cor da madeira antes e depois do intemperismo e também relacionam com o uso de vernizes.

Leão et al. (2017), além de avaliarem a cor, também avaliaram a aspereza superficial da madeira de cedro e utilizaram um produto de acabamento. Nesse trabalho, utilizaram-se dois diferentes grãos de lixa. Os ensaios, foram o de rugosidade e colorimetria. Concluiu-se que houve alteração da cor causada pelo intemperismo e

pelo produto de acabamento, e a rugosidade apresentou menores valores para o tratamento que utilizou o produto de acabamento, no final de um ciclo de 96 horas.

Silva e Gonzalez (2013) estudaram a madeira de cedro rosa e angelim-pedra submetidas ao intemperismo acelerado e avaliaram o comportamento da madeira avaliando a cor. As duas espécies apresentaram um escurecimento na cor, sendo que a variação de cor no cedro rosa foi menor.

Santos et al. (2017) submeteram a madeira de duas espécies (*Eucalyptus grandis* e *Tetrorchidium rubrivenium*) tratadas com produtos de acabamentos, para uso externo, ao intemperismo acelerado e avaliando o ângulo de contato, perceberam que, em relação ao estado natural, a madeira com revestimento aumentou a hidrofobicidade da superfície, porém após 480 horas a repelência a água diminuiu.

No presente trabalho pretende relacionar o intemperismo acelerado com o comportamento da madeira em diferentes situações, de modo que amostras sejam avaliadas antes e depois dos ciclos que provocam as intempéries de forma artificial na madeira. Hon (2001) relatou que há uma expansão no uso de madeira destinada a áreas externas, e por isso são necessários que mais estudos sejam desenvolvidos na área.

## **2.6 Estabilidade dimensional**

A madeira é um material que está sujeito a variação nas dimensões causadas pela higroscopicidade, ou seja, quando ocorre perda de água a madeira poderá retrair e quando ocorre um aumento no teor de umidade poderá ocorrer o inchamento (BURGER; RICHTER, 1991). Quando a madeira é seca e obtém-se um teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, ocorre o que chama-se de retratibilidade, e quando nessas condições, a madeira absorve água ocorre o inchamento (GALVÃO E JANKOWSKY, 1985).

Como a madeira é anisotrópica, a direção observada também influencia na variação dimensional, Kollmann e Côté (1968) assim como Galvão e Jankowsky (1985) descrevem que a direção axial está menos suscetível a variação, e a direção radial

apresenta menor variação em relação a direção tangencial. Segundo esses autores, o coeficiente de retratibilidade volumétrica representa, partindo do ponto de saturação das fibras, a perda de volume em relação a perda de massa (em percentual) e o coeficiente de inchamento volumétrico é similar (considera-se 0% de umidade), ou seja, parâmetros como coeficiente de inchamento/contração nas direções radial, tangencial, longitudinal e também o volumétrico, tratam-se de um referencial para avaliar a movimentação dimensional que ocorre devido a mudanças no teor de umidade.

O coeficiente de anisotropia ou fator anisotrópico, é a relação entre a retração ou inchamento na direção tangencial e radial, sendo que as espécies mais estáveis dimensionalmente apresentam valores mais próximos de 1 (um) o que também indica que a madeira está menos propensa a defeitos como rachaduras e empenamento, por exemplo (DURLO; MARCHIORI, 1992).

A classificação apresentada por Longsdon e Penna (2005) citada por Logsdon, Finger e Penna (2008) expõe o coeficiente de anisotropia de inchamento e contração relacionando com a qualidade da madeira e o uso indicado, está descrita no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação do coeficiente de anisotropia, qualidade da madeira e indicação para uso.

Coeficiente de anisotropia		Qualidade da madeira	Indicação para uso
Contração	Inchamento		
Até 1,5	Até 1,54	Excelente	Móveis finos, esquadrias, barcos, instrumentos musicais e esportivos.
1,5 – 2,00	1,54 – 2,10	Normal	Estantes, mesas, armários, usos que permitam pequenos empenamentos
>2,00	>2,10	Ruim	Construção civil (desde que observadas às características mecânicas), carvão, lenha.

Fonte: Longsdon e Penna (2005) citada por Logsdon, Finger e Penna (2008).

A madeira de *Cedrela odorata* foi estudada por alguns autores que constataram ser uma madeira excelente para a fabricação de móveis devido a sua boa estabilidade dimensional e baixa propensão a defeitos (CALDERON et al., 2018; FERNANDES;

VALLE; CALDERON, 2018). Se tratando de um produto que estará diretamente em contato com a água, a estabilidade dimensional da madeira é um bom indicador para avaliar o comportamento do material. Como a madeira é um material variável, cada espécie apresenta um valor para essa propriedade. Obter informações acerca da estabilidade dimensional possibilita o questionamento de como essa propriedade pode influenciar o comportamento da madeira empregada em ofurôs, por exemplo.

## 2.7 Produto de acabamento e sua aderência

Os produtos de acabamentos são aplicados nas madeiras por várias finalidades, como: realçar as características como cor, textura, grã, proteger de xilófagos, umidade, calor, intempéries, e por consequência aumentar a vida útil desse material. Outra vantagem a se levar em consideração é a abundância de variedades desses produtos existentes no mercado. Ficando a gosto do cliente se quer mudar as características estéticas da madeira, ou apenas proteger, mantendo a aparência original da espécie (FONTE, 2016).

As aplicações dos produtos de acabamentos tornam as superfícies mais resistentes a degradação fotoquímica e alterações dimensionais (GHOFRANI, MIRKHANDOUZI E ASHORI, 2015), o que é desejável para ofurôs. Seladoras, *primers*, tintas e vernizes são produtos normalmente utilizados para dar acabamento em madeiras (SILVA et al., 2010).

O produto utilizado nesse trabalho foi o *stain*, pois segundo o fabricante, esse produto apresenta um desempenho melhor do que o verniz, que normalmente é utilizado na fabricação do ofurô (MONTANA QUÍMICA, 2019).

Existem diferentes ensaios que podem determinar as características de uma superfície onde foi aplicado um produto de acabamento, como a resistência ao impacto, química, à aderência, o brilho e abrasividade, segundo Désor et al. citado por Fonte (2016). A aderência será estudada nesse trabalho para analisar o comportamento da superfície da madeira de cedro rosa em que foi utilizado o *stain* como produto de acabamento, antes e depois do intemperismo acelerado.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Construção dos ofurôs e amostragem

Para chegar a um método definitivo para a construção de um ofurô, foram necessários alguns testes. Para isso, foram utilizadas madeiras de pinus e cedro australiano. Após os testes preliminares foram utilizadas as tábuas de cedro rosa adquiridas do comércio de madeira serrada para a produção dos ofurôs miniaturas e do ofurô em escala real, 110 cm de diâmetro e 60 cm de altura. Os ofurôs em escala reduzida, foram construídos com o objetivo de analisar o efeito da água na estrutura da banheira e o ofurô de tamanho real, foi construído para obter informações como: tipo e quantidade de material utilizado, custos, tempo gasto para a construção, máquinas utilizadas.

Na Figura 1 é possível analisar os croquis que deram origem aos ofurôs, e suas mudanças durante o desenvolver da pesquisa. Vale ressaltar que, explicar como foi o cálculo utilizado para obtenção das medidas para a construção do ofurô, não é trivial. Por isso, esses cálculos serão descritos em trabalhos futuros, baseados em conceitos matemáticos para facilitar o entendimento e possibilitar que outras pessoas possam entender como é a arte de construir ofurôs de acordo com a matemática.

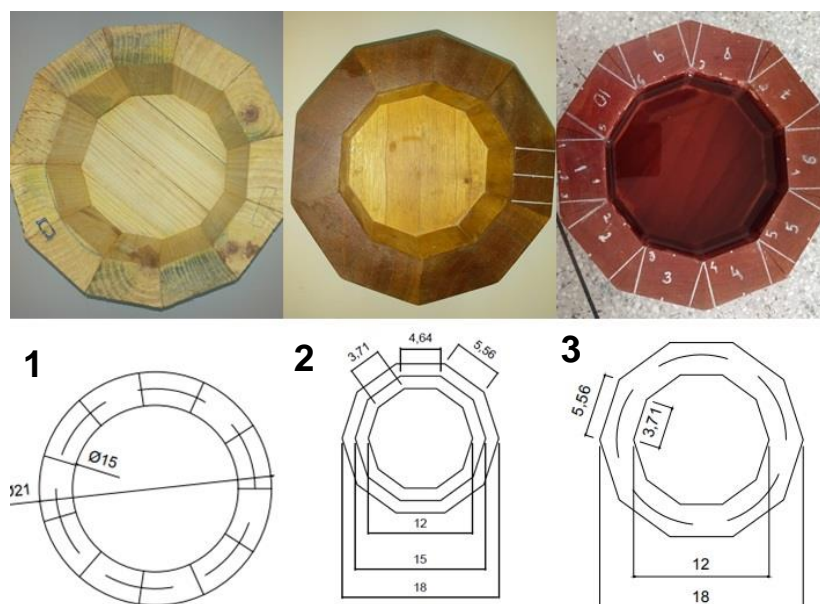


Figura 1 – Vista superior do ofurô de pinus (1), cedro australiano (2) e cedro rosa (3) com seus respectivos croquis.

Fonte: O autor (2019)



As madeiras de pinus e cedro australiano foram doadas ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – DCFM da Universidade Federal do Espírito Santo. Já a madeira cedro rosa investigada neste trabalho foi adquirida no mercado madeireiro de Guarapari – ES, e encaminhada para o DCFM. A Figura 2 representa a estocagem da madeira no pátio externo à marcenaria do DCFM. Vale ressaltar que, estas madeiras foram adquiridas ao acaso, e a principal preocupação na seleção das tábuas foi suas dimensões para garantir melhor rendimento durante a fabricação do produto, e dos experimentos.



Figura 2 - Tábuas de cedro rosa utilizadas no experimento.

Fonte: O autor (2019)

Das quatorze tábuas adquiridas, foram selecionadas cinco para retirar as amostras. Após a retirada das amostras, três tábuas foram utilizadas para a construção dos ofurôs em escala reduzida e as outras duas foram utilizadas para a construção do ofurô em escala real.

### 3.2 Efeito da água na madeira e exposição ao ambiente

Para analisar o efeito da água na madeira foram construídos sete ofurôs em escala reduzida (Figura 3). O ofurô de tamanho real considerado, possui 110 cm de diâmetro, 60 cm de altura e 60 peças. Reduziu-se essa dimensões em seis vezes e obteve-se ofurôs com 18 cm de diâmetro e 10 cm de altura.



Figura 3 – Ofurôs antes das demãos de *stain*

Fonte: O autor (2019)

Durante o processo de acabamento, os ofurôs foram lixados com lixas de granulometria 50 e 180, como mostra a Figura 4.

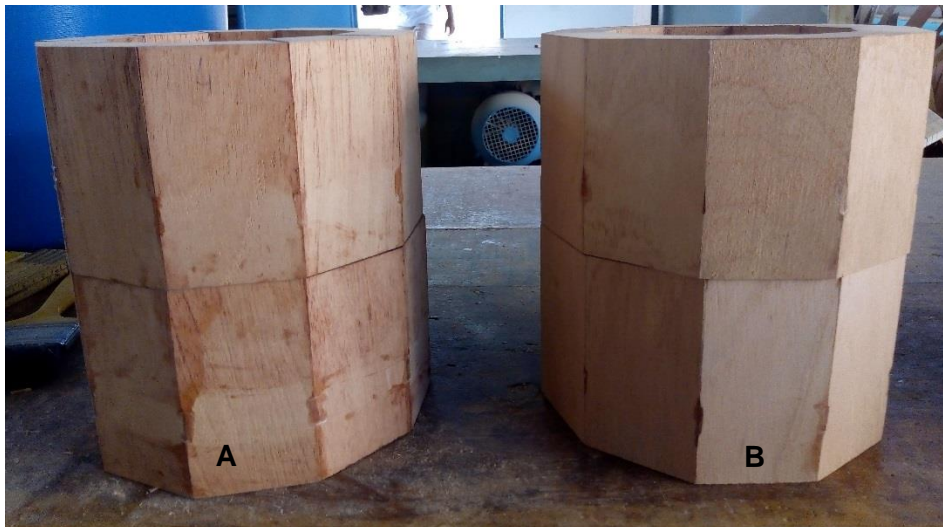


Figura 4 – Ofurôs antes (A) e depois (B) do lixamento.

Fonte: O autor (2019)

Quatro demãos de *stain* foram aplicadas na parte externa de cada ofurô, conforme mostra a Figura 5, sendo possível notar a diferença de cor entre os ofurôs antes e depois da primeira demão.



Figura 5 – Ofurôs antes e depois da primeira demão de *stain*.

Fonte: O autor (2019).

Os ofurôs foram posicionados em um ambiente onde a luz solar, temperatura e o vento puderam agir até o fim do experimento. Antes de preencher os ofurôs com água, obteve-se a medida de cada peça, em diferentes locais (largura interna, largura externa e espessura), com um paquímetro, como mostra a Figura 6. A primeira medição foi realizada com os ofurôs sem o contato com a água, em seguida eles foram preenchidos com 500 ml de água e as medidas foram realizadas após 24 horas. A água foi trocada a cada dois dias, e outras quatro medições foram realizadas de sete em sete dias. Totalizando cinco medições.

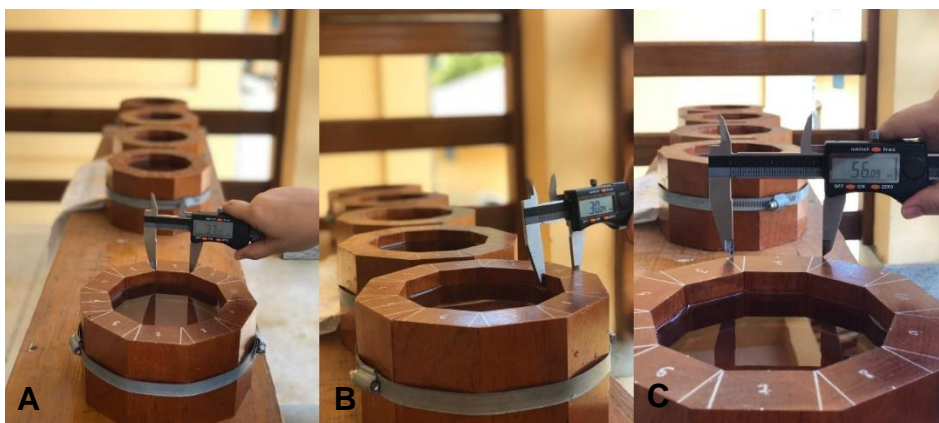


Figura 6 – Medições da largura interna (A), espessura (B) e largura externa (C) durante a análise.

Fonte: O autor (2019).

A partir das medições foi possível verificar as variações dimensionais no decorrer do processo. A fórmula (1) é aplicada para obter em porcentagem a variação dimensional que a água e ambiente causaram nas peças dos sete ofurôs.

$$\text{Inchamento } [\%] = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

$M_2$  é a medida, em milímetros, depois de colocar água

$M_1$  é a medida, em milímetros, sem água

O local em que os ofurôs ficaram expostos durante 21 dias, pode ser comparado a uma varanda, que seria um possível local de instalação de um ofurô, e onde há incidência da luz solar, diferença de temperatura, umidade, vento e não recebe chuva. Esse local é exposto Figura 7, em um dia nublado. As medidas foram coletadas durante os meses de outubro e novembro de 2019, em que as temperaturas mínima e máxima observadas nesse período foram, respectivamente 18 e 37 °C e 19 e 40 °C, a umidade mínima foi de 17% e máxima 94% no mês de outubro e mínima de 13% e máxima de 94% no mês de novembro (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2019). A partir da coleta dos dados foi possível entender o comportamento da espécie em contato com água e exposta em ambiente que recebe diretamente a luz solar, variação de temperatura, umidade e ventos.



Figura 7 – Local em que os ofurôs ficaram expostos durante 21 dias.

Fonte: O autor (2019).

### 3.3 Intemperismo acelerado

A simulação do intemperismo acelerado foi realizada em uma câmara climática modelo Bass/UUV (Figura 7), que possui, de acordo com o manual, oito lâmpadas ultravioletas, para simulação da luz ultravioleta e para efeito de condensação há pontos de saída de vapor. Para esse ensaio, a norma *American Society for Testing and Materials - ASTM G154 (2006)* foi utilizada.



Figura 7 – Máquina de intemperismo.

Fonte: O autor (2019).

As amostras foram envelhecidas de acordo com o ciclo 4 da norma citada, que apresenta uma duração de doze horas, sendo oito horas de luz UV a 70 °C e quatro horas de condensação a 50 °C e o ensaio teve duração de 360 horas. Depois de envelhecidas, as amostras passaram por análises de umidade, densidade, estabilidade dimensional, adesão e linha de cola, com a finalidade de comparar os resultados antes e depois do intemperismo acelerado.

### 3.4 Estabilidade dimensional, umidade e densidade

As análises de umidade, densidade aparente anidra, densidade aparente saturada, densidade aparente a U%, densidade básica, e estabilidade dimensional foram realizadas seguindo prescrições da norma Norma Brasileira Regulamentadora - NBR

7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1997). Os corpos de prova foram dimensionados com tamanhos de 2x3x5 cm. Ao todo foram confeccionadas vinte e oito amostras. Dessas, quatorze amostras foram estudadas sem influência de intemperismo, e quatorze amostras foram ensaiadas depois do envelhecimento acelerado. Na Figura 9 é possível observar as amostras que foram coladas no suporte com uma fita dupla face e seguiram para a máquina. Para análise estatística utilizou-se o teste Tukey, com auxílio do *software SigmaPlot*.



Figura 9 – Amostras de densidade, estabilidade dimensional e umidade dispostas no suporte da máquina de envelhecimento.

Fonte: O autor (2019).

### 3.5 Avaliação da linha de cola

Para avaliar a linha de cola, foram produzidos vinte e oito corpos de prova de madeiras coladas lateralmente com adesivo epóxi (Figura 10), formando quatorze corpos de prova com dimensões de 7 x 18 x 1 cm de largura, comprimento e espessura, Figura 11.



Figura 10 – Adesivo epóxi biocomponente (componente A e B) utilizado.  
Fonte: O autor (2019).



Figura 11 – Amostras coladas lateralmente com adesivo epóxi.  
Fonte: O autor (2019).

Os corpos de provas foram lixados com lixas de granulometria de 50 e 180. Após essa etapa, foram passadas quatro demãos de *stain* em sete corpos de prova, e sete permaneceram sem a aplicação do produto, como ilustra a Figura 12..



Figura 12 – Peças de madeiras coladas lateralmente com adesivo epóxi formando os corpos de prova, antes (A) e depois (B) da aplicação do *stain*.

Fonte: O autor (2019).

Para comparar os dados, antes dos corpos de prova serem submetidos ao teste de intemperismo acelerado, cortou-se 3 cm no comprimento das amostras para a análise da união sem a influência do intemperismo. Assim, as amostras para análises de linha de cola passaram a ter 7x3x1 cm e 7x15x1 cm para os testes sem e com intemperismo, respectivamente. É válido ressaltar também que, ao todo foram confeccionados quatorze amostras de cada dimensão, e que sete foram ensaiadas sem *stain* e as outras sete, após a aplicação de *stain*.

Ao sair da máquina de envelhecimento, foram determinadas as cores das madeiras, e posteriormente a linha de cola foi analisada. Para essa última análise, foram seccionadas a partir das amostras maiores, pequenas amostras de 2x7x1 cm de comprimento, largura e espessura. A partir dessas pequenas amostras, lâminas microscópicas foram confeccionadas com base nas descrições de Albino et al. (2010).

As análises microscópicas, do planos transversal, das amostras foram realizadas utilizando o microscópio Zeiss, modelo Axio Scope.A1 acoplado ao *software Axio Vision SE64*. A partir das imagens, foram determinadas as espessuras das linhas de



cola, antes e depois do intemperismo em amostras com e sem *stain*. Para análise estatística utilizou-se o teste t pareado com auxílio do *software SigmaPlot*.

### 3.6 Colorimetria

A determinação da cor seguiu preceitos do sistema CIEL\*a\*b (1976). Para isso foi utilizado o espectrofotômetro portátil CM 2500 D, ilustrado na Figura 13. Os parâmetros avaliados pelo aparelho são L\*, a\* e b\*. A saturação (C), e o ângulo de tinta foram calculados, seguindo as equações 9 e 10.

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (9)$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (10)$$

A luminosidade (L\*) indica os eixos de preto a branco, variado de 0 a 100. Já o parâmetro a\* varia de 0 a 60 no eixo verde a vermelho. Enquanto b\* varia de azul a amarelo, variando de 0 a 60 (BARROS; MUNIZ; MATOS, 2014; GARCIA et al., 2014). O aparelho utilizado foi configurando, mantendo o diâmetro de desobstrução da área de iluminação igual a 3 mm (“SAV – *SmallAreaView!*”), o iluminante padrão sendo D65 e 10° para o ângulo de observação e posteriormente o aparelho foi calibrado no padrão preto e branco de acordo com o manual.

Foram determinadas seis leituras por corpo de prova. As medições foram realizadas antes e depois do intemperismo nas amostras com e sem *stain*. Para análise estatística utilizou-se o teste Tukey, com auxílio do *software SigmaPlot*.



Figura 13 – Espectrofotômetro portátil.

O autor (2019).

### 3.7 Produto de acabamento e aderência

O produto de acabamento utilizado nos ofurôs foi o *stain*, ilustrado na Figura 14, e escolhido por atender as necessidades de produtos que ficarão em ambientes externos. As amostras para os testes de aderência foram produzidas com 7,5x15x1 cm de largura, comprimento e espessura. Antes da aplicação do *stain*, as amostras foram lixadas com lixas de granulometria 50 e 180.



Figura 14 – Produto de acabamento utilizado.

Fonte: O autor (2019).

Quatro demãos de *stain* foram passadas em uma face das amostras, como mostrado na Figura 15. Após as aplicações, as amostras foram secas ao ar por sete dias, e então quatorze amostras seguiram para a máquina de intemperismo e as outras quatorze ficaram na sala de climatização.



Figura 15 – Processo de aplicação da primeira demão do *stain*. (A) Durante a aplicação. (B) Amostras após a aplicação das quatro demãos do *stain*.

Fonte: O autor (2019).

Ao acabar o ensaio de intemperismo, todas as amostras foram enviadas para laboratório do SENAI, em Ubá, para as análises de aderência (Figura 16). Os testes de aderências seguiram as prescrições da NBR 14.535 (ABNT, 2008). Onde faz-se cortes cruzados (90°) na superfície do acabamento e em seguida cola-se uma fita adesiva de 25 mm, que é puxada com velocidade e posição determinada pela norma. A norma propõe a classificação exposta no Quadro 2 para os resultados obtidos.

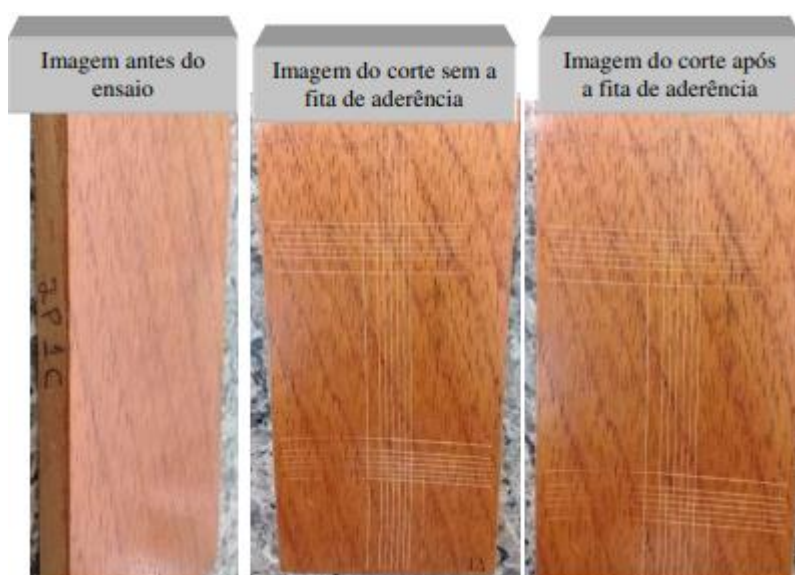


Figura 16. Procedimento para determinação da aderência do *stain* nas amostras de madeira.

Fonte: SENAI (2019)

Quadro 2 – Classificação para área destacada

Gr0	Nenhuma área da película destacada
Gr1	Desplacamento de 5% da área quadriculada
Gr2	Desplacamento de 15% da área quadriculada
Gr3	Desplacamento de 35% da área quadriculada
Gr4	Desplacamento de 65% da área quadriculada

Fonte: NBR 14.535 (2008).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Umidade, densidade e estabilidade dimensional

Na Tabela 1 são mostrados os valores médios e o coeficiente de variação (%) das propriedades avaliadas, sem intemperismo e após o intemperismo. É possível perceber que os valores de umidade variaram para as amostras submetidas ao intemperismo. Fato que pode ser explicado por esse ensaio submeter a madeira a temperaturas de, até 70 °C, fazendo com que ocorra a saída de água das amostras, diminuindo o teor de umidade nas peças. Observa-se também a influência do fator intemperismo na densidade aparente a 14,4% de umidade e saturada, o mesmo não foi percebido para as análises de densidade anidra e densidade básica.

Tabela 1 – Valores médios da umidade e densidades, sem intemperismo e após o intemperismo.

	<b>Umidade (%)</b>	<b>Densidade básica (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade anidra (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade aparente (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Densidade aparente saturada (Kg/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Sem intemperismo</b>	14,40 A (11,94)	380 A (5,39)	430 A (5,46)	460 A (5,27)	890 A (5,96)
<b>Após intemperismo</b>	9,24 B (10,75)	380 A (5,60)	430 A (4,62)	450 B (5,8)	920 B (6,28)

Letras diferentes correspondem a diferença significativa, pelo teste t pareado ( $p < 0,05$ ). Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação.

Fonte: O autor (2019).

A variação da densidade é um fato que pode ser explicado por motivos que se estendem desde as características anatômicas até a quantidade e qualidade de nutrientes presente no solo em que a árvore foi plantada. Melo et al. (1990) citado por Zerbini (2008) desenvolveram uma classificação caracterizando madeiras de espécies tropicais de acordo com a densidade, sendo que espécies que apresentaram densidade menor ou igual a 500 Kg/m<sup>3</sup> foram consideradas leves, madeiras com

densidade entre 510 Kg/m<sup>3</sup> e 720 Kg/m<sup>3</sup> foram consideradas médias e para densidade maior que 730 Kg/m<sup>3</sup>, a madeira é considerada pesada.

De acordo com a classificação citada acima, a madeira de cedro rosa estudada pode ser caracterizada como leve, por apresentar densidade menor que 500 Kg/m<sup>3</sup>. Utilizar uma madeira leve para a fabricação de ofurô é desejável, pois aliada a outras características, facilita a trabalhabilidade, aplicação de adesivos, produtos de acabamento, transporte e movimentação do produto.

Além disso, autores que estudaram o gênero *Eucalyptus* (BATISTA et al., 2010) e também espécies brasileiras (ALMEIDA et al., 2015), relacionaram a densidade com o coeficiente de inchamento e contração. E apresentaram resultados afirmando que há relação direta entre essas propriedades, mostrando que espécies com maiores densidade podem ser mais instáveis, enquanto espécies de menores densidades têm menor propensão a contração e inchamento.

Ao analisar os dados da Tabela 2, foi possível perceber que as amostras submetidas ao intemperismo apresentaram um aumento suave de inchamento em todas as direções, na variação volumétrica e no fator anisotrópico. Destaca-se, que mudanças significativas estatisticamente ocorreram apenas na direção tangencial e na variação volumétrica.

Tabela 2 – Valores médios do coeficiente de inchamento e contração em cada direção, variação volumétrica, fator anisotrópico.

Condições	Inchamento nas direções (%)				
	Longitudinal	Radial	Tangencial	Variação volumétrica	Fator anisotrópico
Sem intemperismo	0,45 A (72,74)	3,97 A (19,59)	6,54 A (15,69)	11,26 A (11,84)	1,71 A (26,43)
Depois do intemperismo	0,46 A (64,72)	4,33 A (24,02)	7,83 B (16,84)	13,02 B (15,06)	1,92 A (32,46)
Condições	Contração nas direções (%)				
	Longitudinal	Radial	Tangencial	Variação volumétrica	Fator anisotrópico
Sem intemperismo	0,45 A (69,87)	3,81 A (18,14)	6,54 A (15,11)	10,11 A (10,23)	1,78 A (24,90)
Após intemperismo	0,46 A (64,45)	4,14 A (23,10)	7,25 A (15,60)	11,50 B (13,39)	1,85 A (30,74)

Letras diferentes correspondem a diferença significativa, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). Coeficiente de variação (%) entre os parênteses.

Fonte: O autor (2019).

Para o ensaio de contração, não houve diferença significativa para nenhuma das direções avaliadas (radial, tangencial e longitudinal). Os valores foram significativamente diferentes apenas para as contrações volumétricas, por levar em conta a multiplicação de todas as direções, e com isso uma ampliação das influências de cada direção, até então apresentadas de forma sutil e não estatística.

O envelhecimento acelerado pode alterar as características físicas da madeira (HON, 2001). Essa afirmação pode ser comprovada com os resultados apresentados neste estudo. Entretanto, para afirmar o motivo da variação dimensional e volumétrica na madeira, é preciso que haja estudos para relacionar a estabilidade dimensional após o envelhecimento com características anatômicas e químicas de madeiras tropicais.

Ao considerar que a temperatura é um fator atrelado ao envelhecimento, observa-se no Quadro 3, que demonstra como ocorrem as alterações na madeira de acordo com a variação na temperatura.

Quadro 3 – Alteração da madeira em diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Alterações
55	A estrutura natural da lignina é alterada. A hemicelulose começa a amolecer.
70	Começa a retração transversal da madeira.

Fonte: Schaffer (1973) citado por Figueroa e Moraes (2009) adaptado pela autora.

De acordo com o Quadro 3, a madeira que foi exposta na máquina de intemperismo, teve a estrutura natural da lignina alterada, a hemicelulose começou a amolecer e a retração transversal teve início, já que a temperatura atingiu os 70 °C. Alguns autores que estudaram a degradação química da madeira, também constataram que a lignina é a primeira a ser degradada, porém a degradação ocorre de forma diferente entre as espécies, e pode variar também de acordo com o tipo de extrativo presente (PASTORE et al., 2008; LPF, 1985; HON, 2001).

Quanto a classificação do coeficiente anisotrópico, de acordo com o Quadro 1, a madeira estudada pode ser classificada como “normal”, já que apresentou (Tabela 2), coeficiente de anisotropia de inchamento sem intemperismo e com intemperismo, respectivamente, de 1,7 e 1,9, e de contração 1,7 e 1,8, que encontram-se entre 1,5 e 2. No Quadro 4 é apresentado o comportamento da variação dimensional da madeira de espécies do gênero *Cedrela* disponibilizados por diferentes autores, para basear a discussão e comparar com os resultados obtidos nesse trabalho.

Quadro 4 – Valores médios encontrados para a variação dimensional de espécies do gênero *Cedrela*.

Espécie	Inchamento						Contração						Autor
	$\rho_b$	$\alpha_l$	$\alpha_r$	$\alpha_t$	V.V	C.A	$\beta_l$	$\beta_r$	$\beta_t$	V.V	C.A		
<i>Cedrela odorata</i>	0,41	0,22	7,37	9,05	15,94	1,26	0,22	7,96	9,05	18,97	1,23	Fernandes et al. (2018)	
<i>Cedrela odorata</i>	0,46	-	-	-	-	-	-	5,31	5,96	11,08	1,33	Silva (2017)	
<i>Cedrela sp.</i>	0,42	0,66	4,16	5,91	11,06	1,4	0,66	3,99	5,57	9,94	-	Almeida (2015)	
<i>Cedrela odorata</i>	0,46	-	-	-	-	-	-	8,72	9,91	17,68	1,6	Calderon et al. (2013)	
<i>Cedrela fissilis</i>	0,55	-	-	-	-	-	-	5,37	6,2	11,43	1,16	Motta et al. (2014)	

$\rho_b$ : Densidade básica;  $\alpha_l$ : Inchamento longitudinal;  $\alpha_r$ : Inchamento radial;  $\alpha_t$ : Inchamento tangencial;  $\beta_l$ : Contração longitudinal;  $\beta_r$ : Contração radial;  $\beta_t$ : Contração tangencial; V.V: Variação volumétrica; C.A: Coeficiente anisotrópico.

Ao observar o Quadro 4, é possível perceber que os valores encontrados para classificar a madeira do gênero *Cedrela* variou de acordo com o estudo, comprovando que a madeira é um material variável até mesmo dentro do gênero e espécie. Os valores encontrados por Almeida (2015) foram os mais próximos dos resultados obtidos nesse trabalho para amostras sem e com intemperismo, quando comparado com os outros autores, de modo geral. Já o coeficiente anisotrópico encontrado por Calderon et al. (2013) se aproxima do obtido no presente estudo.

Exceto Calderon et al. (2013), os autores citados no Quadro 4 classificaram a madeira de cedro rosa como excelente, de acordo com o Quadro 1, diferenciando-se do resultado apresentado nesse trabalho. Esse resultado pode ser explicado por se tratar de peças escolhidas de forma aleatórias no mercado madeireiro, impossibilitando a obtenção de informações sobre as árvores e a madeira. As tábuas adquiridas podem ser de árvores distintas plantadas em sítios diferentes, impossibilitando o conhecimento da idade da árvore, posição das tábuas no tronco, dificultando identificar se a madeira é juvenil ou adulta. Essas, são características importantes que influenciam as propriedades da madeira e poderiam a explicar o resultado obtido. A amostragem, que consistiu em analisar peças das extremidades e do centro da tábua, também pode ser um fator que influenciou o resultado do coeficiente de variação.

#### **4.2 Efeito da água e da exposição ao ambiente e a relação com a estabilidade dimensional**

O comportamento de cada ofurô foi analisado de acordo com as medições que foram realizadas em três posições diferentes (largura externa, largura interna e espessura), para cada uma das dez peças contidas nos ofurôs em escala reduzida. Os gráficos gerados a partir das médias dessas medidas, indicam os comportamentos da variação dimensional para cada ofurô na Figura 17.

Nota-se, que apesar dos sete ofurôs serem da mesma espécie, construídos pelos mesmos procedimentos e expostos as mesmas condições de temperatura e a luz solar, os comportamentos dos ofurôs foram diferentes entre si. A dimensão que mais inchou foi a largura interna, seguida da espessura e largura externa. A largura interna é a face que fica diretamente em contato com a água, justificando a maior absorção de água. O ofurô 4 foi o que mais absorveu água nessa região e se manteve vedado ao longo do experimento, como mostra a Figura 18. Apesar de ter se mantido vedado, o ofurô 4 também apresentou defeitos visíveis na parte externa.



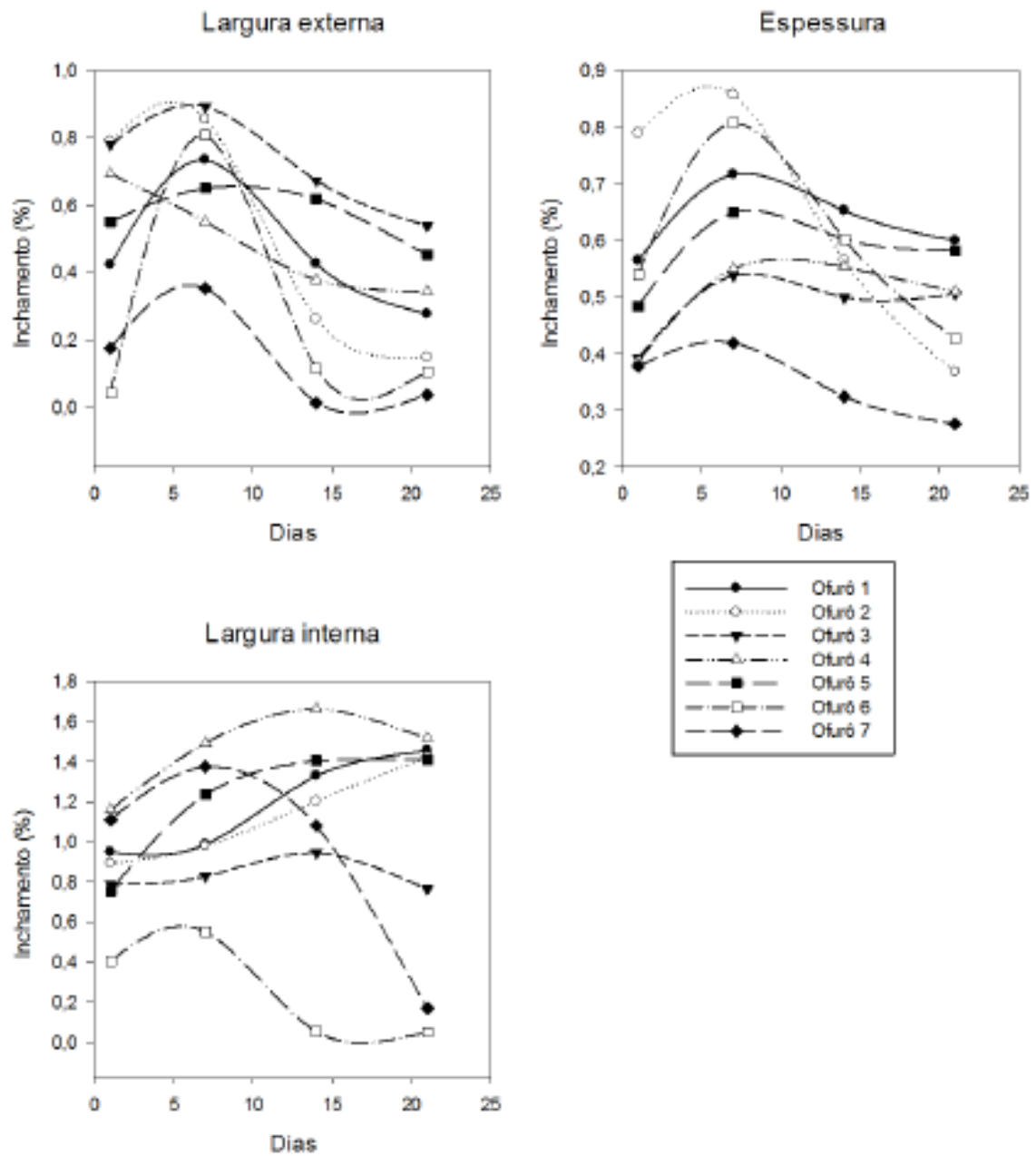


Figura 17 – Comportamento dos ofurôs em escala reduzidas quando em contato com água, temperaturas do ambiente e sol.

Fonte: O autor (2019).

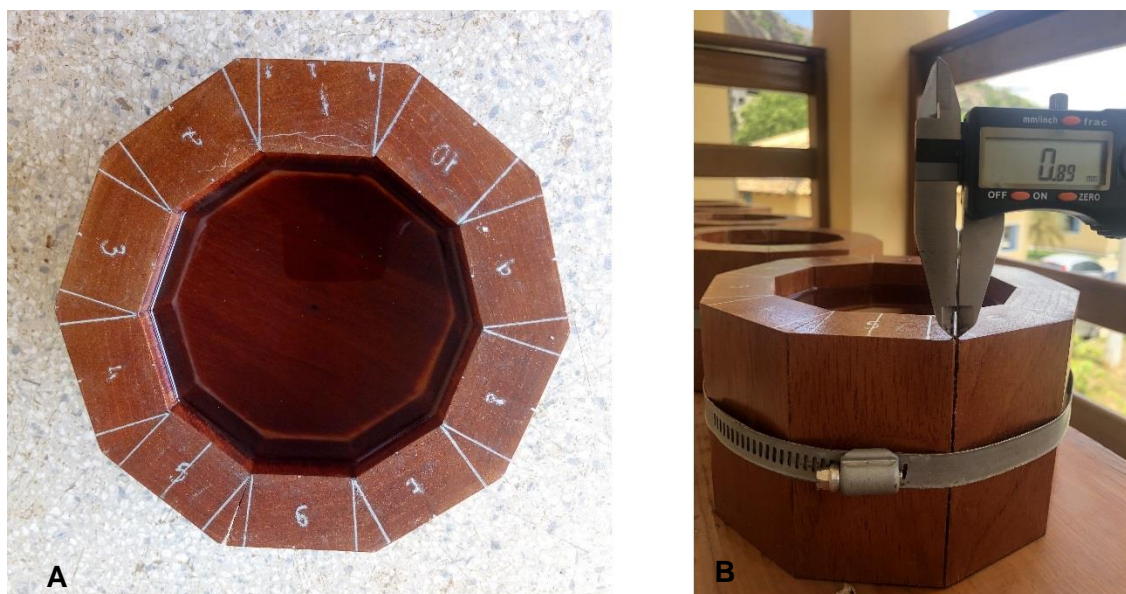


Figura 18 – Ofurô 4, onde a largura interna se manteve estável e não apresentou defeitos (A) consideráveis e a parte externa com defeito (B).

Fonte: O autor (2019).

Para manter-se vedado, o ideal é que não ocorra variações perceptíveis nas peças, daí a importância da estabilidade dimensional da madeira utilizada. A movimentação das peças de acordo com a variação da umidade é um fato que sempre ocorrerá, mesmo em madeiras classificadas como “excelentes”, de acordo com o Quadro 1, e por isso no caso dos ofurôs, o inchamento é preferível, já que após o ponto de saturação das fibras, a tendência é que a madeira diminua a variação volumétrica se tornando praticamente estável (REZENDE; ESCOBEDO, 1988). Então, é importante que o ofurô sempre seja mantido com água, pois a madeira saturada é considerada, de forma geral, estável. Isso, principalmente, se expostos ao ambiente externo, já que que a temperatura e luz solar modificam o comportamento da madeira e podem fazê-la contrair.

Ao observar o comportamento das dimensões analisadas, nota-se ainda que, de modo geral, as peças apresentaram um elevado valor de inchamento nos sete primeiros dias expostos as essas condições. A partir de então, a madeira apresenta uma diminuição em seus índices de inchamento. Contudo, não é válido dizer que as peças entraram

em equilíbrio e diminuíram os índices de inchamento até se estabilizar, isso porque os ensaios foram realizados em um curto período de tempo.

Quando a madeira se contrai de forma perceptível ocorre variações que podem causar defeitos no ofurô, como é o exemplo dos ofurôs 6 e 7, mostrados na Figura 19. O coeficiente anisotrópico das peças utilizadas foi alto em relação aos apresentados por outros autores, como mostrou o Quadro 4, e após o intemperismo, houve um aumento (não significativo) nesse coeficiente (Tabela 2). Ao considerar esses fatos, é possível notar que a ação do ambiente externo também pode ter contribuído para instabilidade das peças.

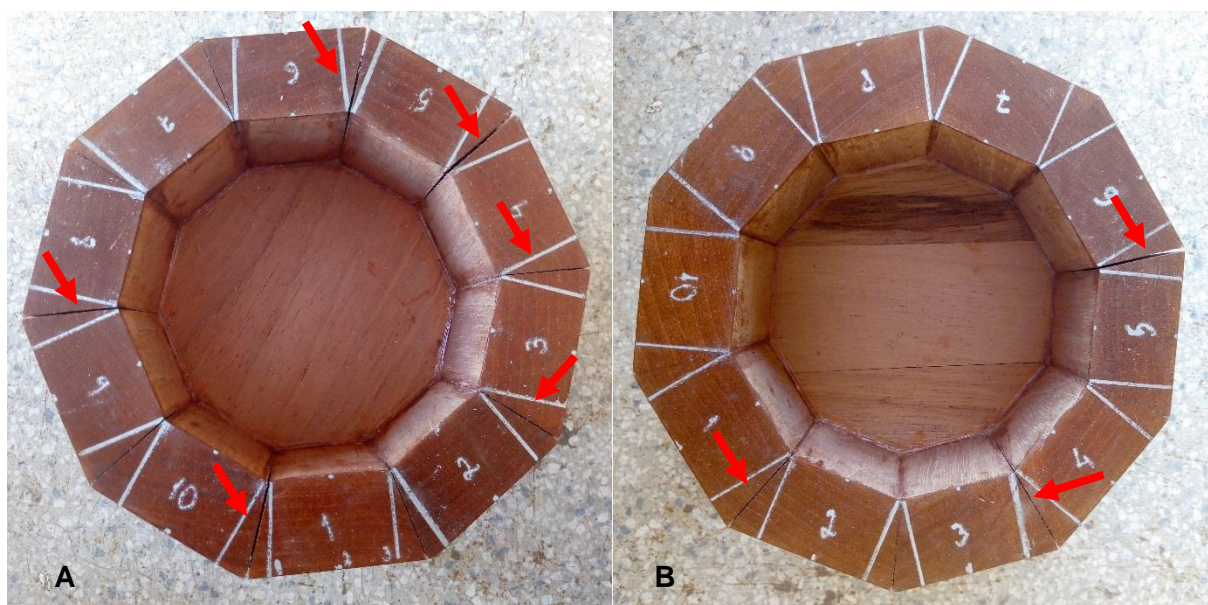


Figura 19 – Defeitos indicados com setas do ofurô 6 (A) e 7 (B).

Fonte: O autor (2019).

O fato das peças estudadas terem sido classificadas como “normal” e não como “excelente”, é um fator importante para entender o comportamento dessa madeira no ofurô. A madeira classificada como “normal”, quer dizer que a mesma está sujeita a pequenos empenamentos, de acordo com Longsdon e Penna (2005) citados por Logsdon, Finger e Penna (2008). A variação dimensional foi visível e pode ser observada nas Figuras 18 e 19. O ideal para a construção do ofurô, seria que as peças fossem consideradas “excelente”, para que a variação dimensional fosse imperceptível e diminuísse a probabilidade de vazamentos e defeitos.

Além disso, as peças utilizadas na construção do ofurô foram peças tangenciais, que apresentam maior variação, como mostram os autores do Quadro 4, tanto de inchamento, quanto de contração, fato que também pode ter contribuído para os defeitos. Esses fatores, aliados as condições de um ambiente que dispõe de luz solar diária, variação de temperatura e umidade, são motivos que podem explicar o comportamento da madeira que gerou defeitos no produto em escala reduzida.

Expor peças (tangenciais), que não são consideradas excelentes a ambientes externos, onde a ação da temperatura, luz UV e umidade, podem mudar suas características de estabilidade, como mostrou a Tabela 2. Ou seja, além da madeira estudada ser classificada como “normal” e estar sujeita a pequenos empenamentos, a ação da água e do ambiente podem ter proporcionado a ocorrência defeitos.

Ao considerar que os ofurôs ficarão preenchidos com água permanentemente, a variação dimensional pode ser controlada e amenizada. Diminuindo assim as chances de defeitos. Porém, nesse caso, em que a da madeira foi classificada como “normal”, não é recomendável utilizar o produto em ambientes externos já que a probabilidade de ocorrência de defeitos pode aumentar, causados pelas as variações que ocorrem na madeira exposta a luz UV, temperaturas elevadas e variação da umidade.

Tendo em vista que “ser estável” é uma característica desejável para a construção de ofurôs, é possível sugerir espécies que apresentem pouca variação dimensional e baixo coeficiente anisotrópico para que possam ser estudadas a fim de concluir se a espécie realmente pode ser empregada para a fabricação de ofurôs. Baseado nisso, o Quadro 5 foi construído, e espécies do gênero *Cedrela* também foram incluídas para facilitar a comparação das espécies.

Dentre as espécies apresentadas, é possível perceber que a teca, uma madeira já utilizada na fabricação de ofurôs, apresentou um ótimo coeficiente anisotrópico, assim como todas as outras espécies expostas, que podem ser classificadas como “excelente”. Mostrando que é possível identificar espécies que apresentem essa característica, que é desejável para a construção de ofurôs.

Quadro 5 – Espécies que apresentam baixa variação dimensional.

Espécie	Inchamento						Contração					Autor
	$\rho_b$	$\alpha_l$	$\alpha_r$	$\alpha_t$	V.V	C.A	$\beta_l$	$\beta_r$	$\beta_t$	V.V	C.A	
<i>Cedrela odorata</i>	0,41	0,22	7,37	9,05	15,94	1,26	0,22	7,96	9,05	18,97	1,23	Fernandes et al. (2018)
<i>Cedrela sp.</i>	0,42	0,66	4,16	5,91	11,06	1,4	0,66	3,99	5,57	9,94	-	Almeida (2015)
<i>Cedrela fissilis</i>	0,55	-	-	-	-	-	-	5,37	6,2	11,43	1,16	Motta et al. (2014)
<i>Tectona grandis</i>	0,59	-	-	-	-	-	-	1,20	2,07	3,899	1,18	Campos (2008)
<i>Swietenia macrophylla</i>	0,41	-	-	-	-	-	-	1,86	3,07	5,15	1,44	Campos (2008)
<i>Cedrelinga cateniformis</i>	0,47	0,19	4,97	6,58	12,09	1,33	0,19	4,73	6,18	10,78	1,31	Fernandes et al. (2018)

$\rho_b$ : Densidade básica;  $\alpha_l$ : Inchamento longitudinal;  $\alpha_r$ : Inchamento radial;  $\alpha_t$ : Inchamento tangencial;  $\beta_l$ : Contração longitudinal;  $\beta_r$ : Contração radial;  $\beta_t$ : Contração tangencial; V.V: Variação volumétrica; C.A: Coeficiente anisotrópico.

### 4.3 Colorimetria

Na Tabela 3 conta os valores referentes a luminosidade ( $L^*$ ), variáveis cromáticas ( $a^*$  e  $b^*$ ), saturação da cor (C) e o ângulo de tinta (h). A cor foi definida de acordo com a tabela desenvolvida por Camargos e Gonçalves (2001), assim como as considerações.

É possível perceber (Tabela 3) que, a aplicação do *stain* provocou um escurecimento nas peças, que pode ser comprovado pela diminuição da luminosidade ( $L^*$ ) e aumento das variáveis cromáticas evidenciando a matiz vermelha ( $a^*$ ) e amarela ( $b^*$ ), ocasionando mudança na cor: a madeira sem *stain*, é classificada como rosa e a com *stain*, amarelo amarronzado. Flórez (2016) também constatou uma redução da luminosidade quando usou *stain* na madeira de teca, e Pace et al. (2018), concluíram que houve um escurecimento nas peças após a aplicação do verniz, em espécies de *Corymbia citriodora* e *Khaya ivorensis*, assim como foi constatado neste trabalho para a espécie de cedro.

Tabela 3 – Valores médios das variáveis de cor no sistema CIE L\*a\*b\*, obtidos antes do intemperismo (AI) e depois do intemperismo (DI) em peças com e sem *stain*.

	L*	a*	b*	C	h	Cor
Sem <i>stain</i> – AI	63,7 Ba	13,6 Ba	23,4 Ba	27,1 Bb	60,0 Ba	Rosa
Sem <i>stain</i> – DI	52,9 Bb	16,2 Bb	30,7 Ab	34,7 Bb	62,1 Bb	Amarelo alaranjado
Com <i>stain</i> – AI	48,4 Aa	19,6 Aa	26,6 Aa	33,1 Aa	53,4 Aa	Amarelo amarronzado
Com <i>stain</i> – DI	47,2 Aa	19,8 Aa	30,2 Ab	36,1 Ab	56,5 Ab	Amarelo amarronzado

Letras maiúscula para comparação de peças com e sem *stain* e minúsculas para comparação antes e depois do intemperismo. Letras diferentes nas colunas, correspondem a diferença significativa, pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ). AI indica antes do intemperismo, e DI indica depois do intemperismo.

Fonte: O autor (2019).

Nas amostras em que o produto de acabamento não foi utilizado, após o intemperismo, a cor mudou de rosa para amarelo amarronzado, comprovado pela diminuição da luminosidade (L\*), e destacando o tom amarelado, sendo comprovado pelo aumento significativo em (b\*). A variação na cor da madeira sem *stain* também foi constatada por Silva (2013), que após envelhecer a madeira de cedro e angelim pedra, percebeu que houve um escurecimento nas peças de ambas. Mesquita, Gonzalez e Paula (2017) estudaram a madeira de teca, e constataram que após 288 dias de exposição na máquina de intemperismo (menos do que o utilizado nesse trabalho) as peças não alteraram a cor.

Após o intemperismo, foi possível constatar que as amostras, em que houve a aplicação do *stain*, permaneceram na coloração amarelo amarronzado. Silva e Pastore (2004) estudaram as madeiras de angelim vermelho, ipê-amarelo, garapeira e jatobá, avaliando a proteção do verniz poliuretânico e do *stain* concluíram que os produtos não impediram a alteração na cor da madeira após a aplicação dos produtos, mas retardaram o processo de mudança de cor.

Na amostras sem *stain*, foi possível perceber a diferença visual das cores, o que não ocorre nas amostras em quem houve a aplicação do produto de acabamento, como mostras a Figura 20.



Figura 20 – Amostras com e sem *stain*, antes e depois do intemperismo.

Fonte: O autor (2019).

A variação da cor na madeira sem o produto de acabamento pode ter ocorrido devido a quantidade e aos tipos de extrativos presentes nessa madeira, além disso, a movimentação dos extrativos provavelmente ocorreu devido à alta temperatura e ao efeito da condensação, causando a oxidação da superfície (HON, 2001; SILVA; PASTORE; PASTORE JUNIOR, 2006).

É evidenciado pelos resultados obtidos, que o *stain* protegeu a madeira de cedro fazendo com que a cor não variasse. Portanto, recomenda-se a utilização desse produto de acabamento em ambientes externos, que apresentem altas temperaturas, exposição a luz UV, e alta umidade. Entretanto, se o desejo for manter a cor natural da madeira, o *stain* não atende essa necessidade, já que a cor rosa natural da madeira não foi preservada, e mudou para amarelo amarronzado.

#### 4.4 Linha de cola

Com a análise da linha de cola, foi possível notar que não houve penetração da cola nas células, portanto, não houve linha de cola estendida, como mostra a Figura 21. Por isso as medições foram feitas somente na linha de cola principal.

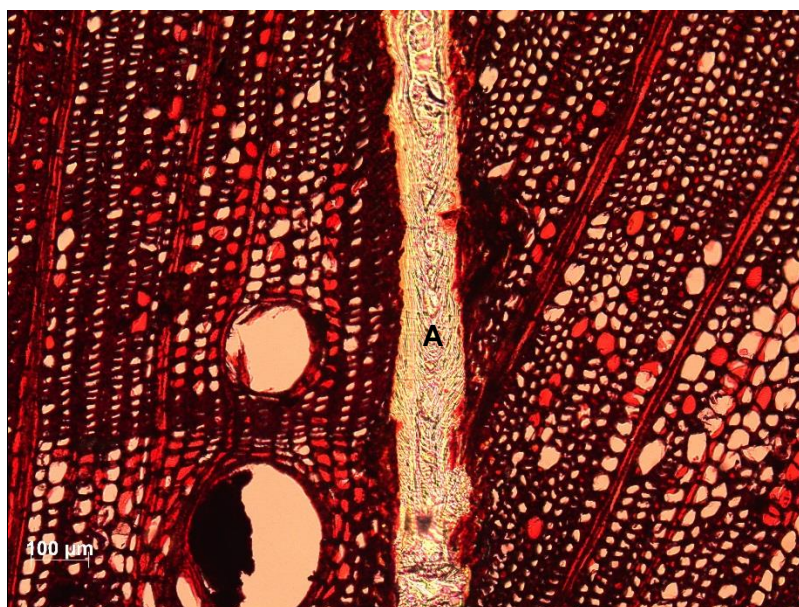


Figura 21 – Linha de cola principal (A) e ausência da linha de cola estendida.

Fonte: O autor (2019).

Ao observar a Tabela 4, é possível perceber que a espessura da linha de cola variou significativamente em todos os tratamentos, por esse motivo não é possível afirmar que a diferença entre as médias de amostras sem intemperismo e depois do intemperismo (com e sem *stain*) sejam causadas devido ao efeito do intemperismo ou a proteção do produto de acabamento. Os valores altos do coeficiente de variação podem ser explicado pela nítida variação da espessura da linha de cola, que pode ser percebida visualmente, como mostra a Figura 22.



Tabela 4 – Valores médios da espessura da linha de cola e coeficiente de variação (%) entre os parênteses.

Condições	Espessura da linha de cola ( $\mu\text{m}$ )	
	Sem <i>stain</i>	Com <i>stain</i>
Sem intemperismo	78,1 Aa (61,78)	85,9 Ab (58,42)
Depois do intemperismo	73,55 Ba (54,23)	67,51 Bb (56,20)

Letras maiúsculas para comparação antes e depois do intemperismo e minúsculas para comparação com e sem *stain*, sendo que letras diferentes, correspondem a diferença significativa, pelo teste t pareado ( $p < 0,05$ ).

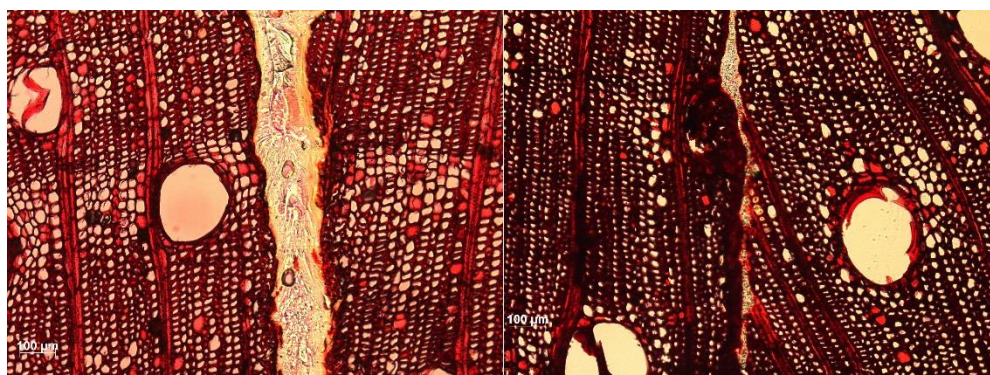


Figura 22 – Desuniformidade da espessura da linha cola.

Fonte: O autor (2019).

Albino et al. (2010) e Bianche (2014) utilizaram resorcinol para união de peças de madeira de *Eucalyptus grandis* e também perceberam a desuniformidade na linha de cola e a penetração do adesivo nos vasos. A penetração do adesivo nos vasos pode ser observada na Figura 23.

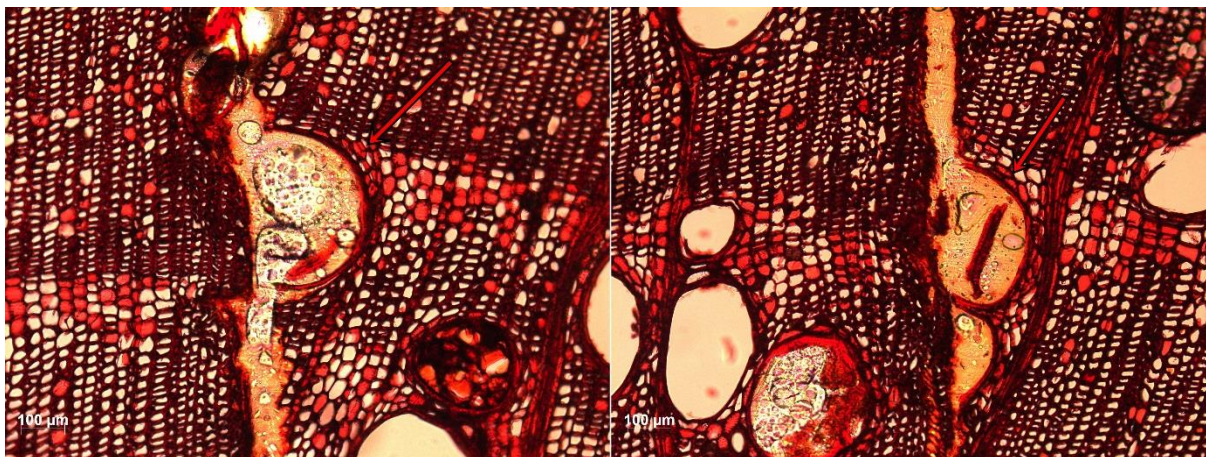


Figura 23 – Penetração da cola nos vasos indicado com setas.

Fonte: O autor (2019).

A cola utilizada apresentou uma viscosidade que diminuiu a fluidez, o que dificultou o espalhamento nas peças, fato, que também pode justificar a pouca penetração nas células e a linha de cola mais espessa (BIANCHE, 2014).

#### 4.5 Aderência

Na Tabela 5 são mostrados os resultados do teste de aderência do *stain* nas amostras de madeira antes e depois do intemperismo.

Tabela 5 – Valores encontrados após o teste de aderência.

Amostras	Amostras com aderência aceitável pela norma 14.535/2008	
	(%)	
Sem intemperismo	57	
Com intemperismo	100	

Fonte: O autor (2019).

Nota-se que, as amostras que não foram submetidas ao teste de intemperismo tiveram piores resultados quando comparadas as amostras submetidas a este efeito. Para as amostras sem o efeito de intemperismo, os resultados variaram de nenhuma área destacada até deslocamento de 65% da área quadriculada, mostrando que há necessidade de mais estudos para assegurar a qualidade para esse uso. Já que, 43% das análises não passaram pelo teste de qualidade descrito na NBR 14.535 (ABNT, 2008).

De acordo com a Norma NBR 14.535 (ABNT, 2008), acabamentos com aderência maior ou igual a 95% são consideradas como de boa qualidade, e podem ser utilizadas para usos como movelaria, por exemplo. O que não foi o caso do estudo, pois 43% das peças tiveram valores de aderência inferiores a 95%.

As aderências nas amostras que passaram pela máquina de intemperismo apresentaram bons resultados, sendo que 93% das amostras exibiram nenhuma área da película destacada, consideradas excelentes. E que cerca de 7% expuseram deslocamento de 5% da área quadriculada. O que de acordo com a norma ABNT NBR 14.535 (ABNT, 2008) é permitido e, ainda assim, considerada com boa qualidade de aderência.

Resultados semelhantes foram encontrados por autores como Pace et al. (2018), que estudaram sobre a aderência ao verniz de poliuretano em madeiras antes e depois do intemperismo e constataram que as madeiras tiveram pouca porcentagem de película de verniz destacada após o efeito de intemperismo. Magalhães et al. (2006) estudaram o envelhecimento natural da madeira graviléia, revestida com verniz, tinta e *stain* e apresentaram boa adesão antes e após o intemperismo. Além disso, os autores constataram que as amostras revestidas com tinta óleo, *stain* e impregnante impediram o surgimento de fungos.

Souza, Silva e Evangelista (2011) também estudaram o efeito do intemperismo na madeira de clones de eucalipto revestida com quatro produtos de acabamentos diferentes, e concluíram que somente os produtos sintéticos proporcionaram aderência satisfatória após o efeito intemperismo.

As Figuras 24 e 25 apresentam amostras ensaiadas durante o estudo, nos casos em que nenhuma área da película foi destacada, e amostra com deslocamento de 65% da área quadriculada, respectivamente.



Figura 24 – Amostra, após o efeito do intemperismo, antes da aplicação da fita (A) e depois (B) com nenhuma área a película destacada.

Fonte: SENAI (2019).



Figura 25 – Amostra, antes do efeito do intemperismo, antes da aplicação da fita (A) e depois (B) com deslocamento de 65% de área quadriculada.

Fonte: SENAI (2019).

#### 4.6 Construção de um ofurô com a madeira de cedro estudada

Ao construir um ofurô em escala real foi possível obter informações que são essenciais para entender o processo de fabricação desse produto. O material utilizado está descrito no Quadro 6.

Quadro 6 – Material, quantidade, custo e especificação dos itens utilizados para a construção de um ofurô de 110 cm de diâmetro e 60 cm de altura.

Material	Quantidade	Custo (R\$)	Especificação
Madeira	0,204 m <sup>3</sup>	1020,00	Cedro rosa
Cola	1	80,80	Resina epóxi Nauticoal (800g) mais o frete.
Esticador	2	73,40	Prendedor de carga catracado
Cinta de aço	3	120,00	-
Pincel	1	2,50	Pequeno (cola): R\$ 2,50;
Válvula para o ralo	1	56,90	-
Parafuso	1	5,50	Parafuso rosca sem fim
Polcas e arruelas	12	2,50	6 polcas e 6 arruelas
Total	-	1361,60	-

Fonte: O autor (2019).

Além dos materiais citados, utilizou-se duas lixas de granulometria 50 e uma de 120 fornecidas pela universidade, que custam em média R\$ 2,70 cada. Caso o uso do *stain* for empregado, o valor de uma lata de 900ml custa em média R\$ 69,80. Vale ressaltar, que esse não é o custo total para a produção de um ofurô, visto há gastos com mão de obra, energia elétrica e deve-se considerar a depreciação das máquinas.

As máquinas utilizadas foram a serra circular destopadeira e de mesa, plaina desengrossadeira e desempenadeira, serra de fita, lixadeira móvel e fixa. Ou seja, as principais máquinas utilizadas em uma marcenaria. É válido considerar que dentre as máquinas utilizadas, haviam algumas sem manutenção, com ferramenta de corte

pouco afiadas e com defeito, o que causou alguns defeitos ou imprecisão no corte de algumas peças.

Técnicas como a união por meio de encaixe, e utilização de cola para unir as peças foram utilizadas. Ao utilizar a cola, foi possível perceber que a sua secagem é rápida, causando dificuldade para retirar o excesso de cola, o que resulta em peças manchadas, como pode ser observado na Figura 26.



Figura 26 – Ofurô após a colagem das peças e com manchas causadas pela cola.  
Fonte: O autor (2019).

O fato da cola causar manchas na madeira pela dificuldade de retirar o excesso, é um ponto negativo da cola utilizada. Porém, é possível resolver esse problema utilizando uma lixadeira manual com lixa de granulometria 50, seguida da 120, como mostra a Figura 27.



Figura 27 – Ofurô após a utilização da lixa de granulometria de 50 e 120.  
Fonte: O autor (2019).

O problema das manchas causadas pela cola, também poderia ser resolvido utilizando apenas encaixes na produção do ofurô. Para isso, seria necessário a disponibilidade de uma tupa com uma fresa adequada para executar o encaixe ilustrado na Figura 28 e ser utilizado no corpo do ofurô.



Figura 28 – Encaixe que poderia substituir o uso da cola.

Fonte: O autor (2019).

Esse encaixe, como qualquer usinagem de peças destinadas a fabricação de ofurô, deve ser realizada com ferramentas de cortes afiadas e sem defeitos, e máquinas com manutenção em dia. Qualquer corte irregular nas peças destinadas a armazenamentos de líquidos pode causar uma descontinuidade nas uniões, proporcionando o vazamento.

Quanto ao tempo gasto para a fabricação do ofurô, foram utilizadas aproximadamente 12 horas para usinagem das peças e montagem do ofurô junto ao marceneiro, 24 horas para cura da cola na base, 24 horas para cura da cola no corpo, oito horas para lixar Totalizando, 2 dias e 17 horas para obter um ofurô pronto, sem utilizar produto de acabamento. Para utilizar o produto de acabamento, deve-se levar em consideração o local em que o ofurô será instalado, se for em ambiente externo, o fabricante recomenda quatro demãos, aumentando o tempo de produção em quatro dias, e se for utilizado em ambiente interno, recomenda-se três demãos, aumentando em três dias o tempo de produção. O ofurô pronto, após colocar a cinta está exposto na Figura 29.



Figura 29 – Ofurô finalizado.

Fonte: O autor (2019).

## 5 CONCLUSÕES

A madeira de cedro utilizada nesse trabalho foi classificada como “normal”, quanto a estabilidade dimensional, diferenciando-se da literatura, que a descreve como “excelente”. Por isso, recomenda-se utilizar o ofurô feito com madeiras que apresentam essas características em um ambiente que ocorra menos variação de temperatura e luz solar, para que a variação dimensional nas peças ocorra com menor intensidade. O efeito do intemperismo natural foi observado nos ofurôs em escala reduzida, assim como o intemperismo artificial influenciou as amostras ensaiadas.

O intemperismo causou mudanças significativas na umidade, densidade aparente, inchamento na direção tangencial e na variação volumétrica de contração e inchamento. Indicando que é possível que os defeitos causados nas peças do ofurô, possam estar relacionados ao ambiente em que ele foi exposto.

A cor da madeira mudou após a aplicação do *stain* e após a exposição na máquina de intemperismo. O *stain* preservou a cor da madeira após o intemperismo. Quanto a aderência, 57% das amostras sem intemperismo e 100% das amostras após o intemperismo apresentaram um resultado aceitável.

Não foi possível definir o que causou a diferença na espessura da linha de cola, devido a mudança significativa em todos os tratamentos.



Madeiras como *Tectona grandis* (teca), *Swietenia macrophylla* (mogno) e *Cedrelinga cateniformis* (cedro-água) são exemplos de espécies que apresentam boa estabilidade dimensional, de acordo com a literatura, e podem ser estudadas para serem empregadas na fabricação de ofurôs.

Foi gasto um valor de R\$ 1361,60 com os materiais utilizados para a construção do ofurô em escala real, e foram gastos 2 dias e 17 horas para obter o ofurô pronto, sem utilizar o produto de acabamento.

## 6 REFERÊNCIAS

ÁGUA NATIVA. **Ofurôs**. Disponível em: < <http://aguanativa.com/ofuros.html>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

ALBINO, V.C. S.; MORI, F.A.; MENDES, L.M. Estudo da interface madeira adesivo de juntas coladas com resorcinol-formaldeído e madeira de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v.38, n.87, p.509-516, set 2010.

ALMEIDA, T. H. **Estudo da estabilidade dimensional de madeiras tropicais brasileiras**. 2015. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Carlos, São Carlos, 2015.

ALMEIDA, T. H.; ALMEIDA D. H.; MARCOLIN, L. A.; GONÇALVES, D.; CHRISTOFORO, A. L.; ROCCO, F. A. L. Correlation between dry density and volumetric shrinkage coefficient of three Brazilian tropical wood Species. **International Journal of Materials Engineering**, v. 5, p 1-4, 2015.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G154**: standard practice for operating fluorescent light apparatus for UV exposure of nonmetallic materials. Philadelphia: ASTM, 2006. 11 p.

ARAI, J.; HIRASAKI, C. **Cem anos da imigração japonesa no Brasil**. Imprensa Oficial: São Paulo, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14535**: Movéis de madeira - Requisitos e ensaio para superfície pintadas. Rio de Janeiro, 2008.

ATAÍDE V. P.; BARBOSA J. S. V.; CARVALHO M. G. S.; NEVES S. M. S. G.; SANCHEZ F. F.; GONÇALVES R.L. Ofurô em recém nascidos pré-termo de baixo peso: relato de experiência. **Assobrafir Ciência**. 2016 Ago;7(2):13–22

AULETE, C. **Dicionário contemporâneo da Língua Portuguesa**. 3 ed. Rio de Janeiro, v.5, 1980.

BARRETO, C. C. K.; PASTORE, T. C. M. Resistência ao intemperismo artificial de quatro madeiras tropicais: o efeito dos extrativos. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 23-30, 2009.

BARROS, S. V.; MUNIZ, G. I. B.; MATOS, J. L. M. Caracterização colorimétrica das madeiras de três espécies florestais da Amazônia. **Cerne**, v. 20 n. 3, p. 337-342, 2014.

BATES, A.; HANSON.N. **Exercícios aquáticos terapêuticos**. São Paulo: Manole, 2001.

BATISTA D. C., KLITZKE R. J., SANTOS C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**. v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BIANCHE, J. J. **Interface madeira-adesivo e resistência de juntas coladas com diferentes adesivos e gramatura**. 2014. 85f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

BURGER L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da madeira. São Paulo: Nobel, 154 p, 1991.

CALDERON, C. M. A., et al. Avaliação das propriedades físicas da madeira de *cedrela odorata* I. no município de Cruzeiro do Sul- AC. In: ANAIS DO CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2013. **Anais eletrônicos...** Campinas, GALOÁ, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/cbcm-2013/trabalhos/avaliacao-das-propriedades->

fisicas-da-madeira-de-cedrela-odorata-l-no-municipio-de-cruzeiro-do-sul?lang=pt-br>  
Acesso em: 1 jun. 2019.

CARNEIRO, R. P. **Colagem de junta de madeira com adesivo epóxi**. 2010. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

CARRASCO, E. V. M. **Ligações estruturais de madeira por adesivos**. São Carlos: EESC/USP, 1984. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1984.

CENTRAL ESPAÇO. **Ofurô de madeira**. Disponível em: <<https://www.centralespaco.com.br/Ofur%C3%B4-de-Madeira/>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

CHANG, S. T.; HON, D. N. S.; FIEST, W. C. Photodegradation and photoprotection on wood surfaces. **Wood and Fiber**, v. 14, n. 2, p. 104-107. 1982.

CNCFlora. **Cedrela odorata in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela odorata](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Cedrela%20odorata)>. Acesso em: 20 nov. 2019.

COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. Método de determinación de la contracción – Norma panamericana COPANT 462, 1972.

CURY, A. J. **Ansiedade: como enfrentar o mal do século**. São Paulo: Saraiva, 2013.

DEGGA OFURÔ. **Degga**. Disponível em: <<https://www.instagram.com/deggaofuro/?hl=pt-br>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

DURLO, M.A; MARCHIORI, J.N.C. Tecnologia da madeira: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).

FEIST, W. C.; MRAZ, E. A. Wood finishing: weathering of wood. United States Forest Products Laboratory. Note FPL-0135. Madison, 1975.

FEIST, W.C. Weathering and protection of wood. In: Annual Meeting of the American Wood-Preservers' Association, 79, 1983, Kansas City. **Proceedings**. Disponível em: <<https://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1983/feist83a.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

FERNANDES, N. C. L., VALLE M. L. A., CALDERON C. M. A. Características físicas e anatômicas de *Cedrela odorata* L. e *Cedrelinga cateniformis* Ducke. **Floresta e Ambiente** 2018; 25(1): e00100814. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/floram/v25n1/2179-8087-floram-25-1-e00100814.pdf>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. **Ambiente Construído**. v. 9, p 157-174, 2009.

FLÓREZ, J. B. **Comportamento em serviço da madeira jovem de *Tectona grandis* L.f com diferentes acabamentos para uso em ambiente externo**. 2016. 109 f. (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

FONTE, A. P. N. **Utilização da madeira de *Cryptomeria japonica* para a produção de painéis colados lateralmente e aplicação de acabamento superficial**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. Adhesive with wood materials – bond formation and performance. Chapter 10. In: **Wood Handbook** – Wood as an engineering material. Forest Products Laboratory. 2010.

FRITJOF C. **O ponto de mutação**. Bantam Books, 1982.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985.

GHOFRANI, M.; MIRKHANDOUZI, F. Z.; ASHORI, A. Effects of extractives removal on the performance of clear varnish coatings on boards. **Journal of Composite Materials**, v. 0, n. 0, p. 1–6, 2015.

HON, D. N. S. Weathering and photochemistry of wood. In: Hon, D.N.-S; Shiraishi, N. **Woos and cellulosic chemistry**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 2001. 928 p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Estações automáticas – Gráficos. Disponível em: <[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_auto\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf)>. Acesso em: 1 dez. 2019.

KAN TUI. **Dicas e novidades**. Disponível em: <<http://www.ofuro.com.br/dicas-e-novidades>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

KOLLMANN, F.; CÔTE, W. A. **Principles of wood science and technology**. Germany: Springer Verlag, 1968.

LEÃO, F. C.; GONÇALEZ, J. C.; RIBEIRO, E. S.; SOUZA, R. S.; PAULA, M. H; MARTINS, G. V. Efeito do intemperismo artificial na rugosidade e na cor da madeira de cedro (*cedrelaodorata* L.) tratada com um produto de acabamento. **Biodiversidade**. v. 16, n. 1, 2017.

LOGSDON N. B., FINGER Z., PENNA J. E. Caracterização físico-mecânica da madeira de Cedro-marinheiro, *Guarea trichilioides* L. (Meliaceae). **Scientia Forestalis**, 2008; 36(77): 43-51.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, Plantarum, 1998. 384p.

MAGALHÃES, W. L. E. et al. Desempenho de madeira de grevélea revestida com verniz, tinta e *stain* exposta a intemperismo natural. In: Encontro Brasileiro em Estrutura de Madeira, 10, 2006, São Pedro. **Anais eletronicos...** Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/39835/1/desempenho.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

MONTANA QUÍMICA. Osmocolor, *stain* preservativo. Disponível em: <<https://nauticola.com.br/nauticolaadesivoepoxi/>>. Acesso em 20 ago. 2019.

MORAIS, F. **Corações sujos**. Companhia das letras: São Paulo, 2000.

MOTTA, J. P. et al. Caracterização da madeira de quarto espécies florestais. **Ciência Rural**, v.44, n.12, p.2186-2192, 2014.

MULTIFORMA. **Perguntas frequentes**. Disponível em: <<https://www.multiforma.com.br/pagina/perguntas-frequentes-ofuro.html>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

NAUTICOLA. **Nauticola adesivo epóxi**. Disponível em: <<https://nauticola.com.br/nauticolaadesivoepoxi/>>. Acesso em 14 abr. 2019.

OFURÔ BRASIL. **Perguntas**. Disponível em: <<https://www.ofurobrasil.com/blog>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

OFURÔ E CIA. **Blog**. Disponível em: <<https://www.ofuros.ind.br/blog/>>. Acesso em: 8 jun. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Depression and other common mental disorders: global health estimates**. Geneva: World Health Organization; 2017. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254610/WHO-MSD-MER-2017.2-eng.pdf;jsessionid=5F21DCAEA3C07FB50286FBF7560A9CAF?sequence=1>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

PACE et al. A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 61, 2018.

PASTORE, T. C. M. et al. Efeito do intemperismo artificial em quatro madeiras tropicais monitorado por espectroscopia de infravermelho (DRIFT). **Química Nova**, v. 31, n. 8, 2071-2075, 2008.

PERINI, C.; COSTA, M.; CATÃO, A. C.; SILVA, G.; ALMEIDA, V. S.; MATOS, P. B. C. Banho de ofurô em recém-nascidos no alojamento conjunto: um relato de experiência. **Revista de Pesquisa Cuidado é Fundamental Online**, v. 6, n. 2, 2014, pp. 785-792. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=505750622034>>. Acesso em: 18 mar. 2019.

RECLAME AQUI. **O que você está procurando**. Disponível em: <<https://www.reclameaqui.com.br/>>. Acesso em: 1 de maio de 2019.

REZENDE, M. A.; ESCOBEDO, J. F. Retratibilidade volumétrica e densidade aparente da madeira em função da umidade. **IPEF**, n. 39, p. 33-40, ago, 1988.

SANTOS, J. C. H. et al. Avaliação da superfície da madeira de duas espécies florestais submetidas a ensaio de envelhecimento acelerado. **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira**. Florianópolis, 2017.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M. Foto de composição e proteção de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 7-13, 2004.

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PASTORE JUNIOR, F. Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento. **Ciência Florestal**, v. 17, n. 1, p. 17-23, 2006.

SILVA, J. R. M.; ALVES, J. A.; NOGUEIRA, M. O. G.; BRAGA, P. P. C. Qualificação da superfície acabada em madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, *Toona ciliata* M. Roemer e *Coffea arabica* L. **Cerne**, v. 16, n. Suplemento, p.15 - 22, 2010.



SILVA, L. F. X.; GONÇALEZ, J. C. Envelhecimento artificial acelerado de duas espécies florestais amazônicas para usos como madeira serrada, 2013. Disponível em:

<[http://www.cnf.org.pe/secretaria\\_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Luiz%20Fernando%20Xavier%20da%20Silva.pdf](http://www.cnf.org.pe/secretaria_conflat/memorias/DOCUMENTO%20MESAS/MESA%203/Luiz%20Fernando%20Xavier%20da%20Silva.pdf)>. Acesso em: 19 abr. 2019.

SILVA, L. N. **Correlações entre propriedades tecnológicas da madeira de cedro (*Cedrela odorata* L.) determinadas por metodologias destrutivas e não destrutivas**. 2017. 44 f. Monografia. Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

SOUZA, M. O. A.; SILVA, J. C.; EVANGELISTA, W.V. Aplicação de acabamentos superficiais em madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake visando ao uso na indústria moveleira. **Scietia Forestalis**. v. 39, n. 92, p. 403-409, 2011.

ÜLKER, O. Wood adhesives and bonding theory. Chapter 11. In: Adhesives - Applications and Properties, Intech Open, 2016.

ZERBINI, J. N. **Madeiras tropicais com potencial comercial da região do Rio Xingu (Pará, Brasil): propriedades tecnológicas e cadeia produtiva**. 187p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília, Brasília, 2008.