



EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO.

**GABRIELA DE SOUZA NEVES
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**



**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE
ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*)
E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO.**

GABRIELA DE SOUZA NEVES

**ORIENTADOR: JOAQUIM CARLOS GONÇALEZ
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

BRASÍLIA/DF: FEV - 2019.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO.

GABRIELA DE SOUZA NEVES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA EM 19 DE FEVEREIRO DE 2019 POR:

Prof^o Dr Joaquim Carlos Gonzalez (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)

Prof^o Dr. Alexandre Florian da Costa (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador interno)

Dr. Divino Eterno Teixeira (Serviço Florestal Brasileiro, IBAMA); (Examinador externo)

Prof^o Dr. Ailton Teixeira do Vale (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador suplente)

Brasília, fevereiro de 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

NEVES, GABRIELA DE SOUZA

EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO.

(EFL/FT/UNB, Mestre, Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal

1. Ensaio de intemperismo acelerado

2. Produtos de acabamento

3. Extrativo da madeira

4. Fotodegradação

I. EFL/FT/UNB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

NEVES, G. S. (2019). Efeito da aplicação de extrativos naturais e produtos de acabamento na superfície das madeiras de cedro (*Cedrela odorata*) e freijó (*Cordia goeldiana*) expostas ao intemperismo acelerado. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF. 115 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Gabriela de Souza Neves.

TÍTULO: Efeito da aplicação de extrativos naturais e produtos de acabamento na superfície das madeiras de cedro (*Cedrela odorata*) e freijó (*Cordia goeldiana*) expostas ao intemperismo acelerado.

GRAU: Mestre

ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva todos outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito da autora.

Gabriela de Souza Neves

SHTN Trecho 1, Lote 2, Bloco 2, Apartamento 210.

70.800-200 Brasília - DF - Brasil.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas fizeram parte e foram extremamente importantes durante meu mestrado, cada uma de uma forma diferente e auxiliando à sua maneira com conselhos, críticas, conhecimento, trabalho braçal, torcida, que me trouxeram à linha de chegada. É para vocês que agradeço:

À minha família, meus pais Ana Karla Souza de Oliveira e Lázaro Luiz Neves que tornaram tudo que conquistei possível com ajuda financeira, ensinamentos morais, intelectuais e amorosos, formando quem sou hoje; aos meus irmãos pelo companheirismo e conselhos; e ao meu companheiro Matheus Martins Maranhão pela ajuda sempre que necessitei, acompanhamento sempre que solicitei, alegria e otimismo todo o tempo.

Ao meu orientador, Professor Doutor Joaquim Carlos Gonzalez, que sempre esteve disponível para auxiliar com paciência e partilhando de seu vasto conhecimento acadêmico.

Aos meus colegas de pós-graduação, Marcella Hermida, Robert Mesquita e Mirian Costa, pela ajuda, companheirismo, conselhos, risadas que tornaram esta jornada possível e muito mais leve.

À professora Doutora Erika Vagi, minha supervisora na Budapest University of Technology and Economics (BME), Hungria, que me recebeu de braços abertos sempre aconselhando, explicando, ajudando com muita alegria e bom humor, tornando minha experiência fora do país muito mais fácil.

Ao Mestre Marcelo Fontana pelo auxílio e disponibilidade para me supervisionar em minhas atividades no Laboratório de Produtos Florestais - SFB.

Aos demais servidores do Serviço Florestal Brasileiro - IBAMA e demais professores e servidores do Departamento de Engenharia Florestal - FT/UnB, que tornaram possível a execução deste trabalho.

RESUMO

EFEITO DA APLICAÇÃO DE EXTRATIVOS NATURAIS E PRODUTOS DE ACABAMENTO NA SUPERFÍCIE DAS MADEIRAS DE CEDRO (*Cedrela odorata*) E FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) EXPOSTAS AO INTEMPERISMO ACELERADO.

Autora: Gabriela de Souza Neves

Orientador: Joaquim Carlos Gonzalez

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal

Brasília, fevereiro de 2019.

O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de madeiras das espécies *Cedrela odorata* (cedro) e *Cordia goeldiana* (freijó), tratadas com produto natural da madeira (extrativo) e com produtos químicos de acabamento, perante o intemperismo acelerado. O solvente escolhido para a retirada dos extrativos da madeira para produção do produto natural foi o metanol, e o método de extração escolhido foi o de maceração. O produto natural de extrativo foi diluído com a adição de metanol até formar uma solução final com concentração de 30%. Para execução da última parte do estudo, as amostras de madeira foram submetidas a um envelhecimento acelerado, seguindo a norma ASTM G154 (2006). Os corpos de prova tratados e corpos de prova testemunha foram submetidos a nove períodos de intemperismo, totalizando 600 horas de exposição. Entre cada período foram analisados os parâmetros de cor, utilizando um espectrofotômetro; rugosidade, utilizando um rugosímetro; molhabilidade, utilizando-se um goniômetro; e as modificações químicas presentes na superfície das madeiras, detectadas por espectrometria de reflectância difusa no infravermelho médio (MIR). Após o processo de intemperismo, as duas espécies de madeiras estudadas apresentaram mudança em relação a sua cor inicial. Para a rugosidade, houve aumento em todos os tratamentos da madeira de cedro, enquanto que as madeiras de freijó apresentaram aumento de rugosidade apenas para as que não foram tratadas. A permeabilidade de ambas as madeiras aumentou após a exposição. Para as modificações químicas, houve diminuição da intensidade da banda de lignina e aumento da banda de carbonila nas primeiras horas de exposição, e decréscimo nas últimas horas para as duas espécies. A banda de celulose não apresentou modificação significativa. Concluiu-se que o tratamento com extrativo de cedro não proporcionou melhora no desempenho da madeira frente ao intemperismo. Por outro lado, o extrativo de freijó, comparado com os demais tratamentos, apresentou menor modificação da cor da madeira posterior a aplicação da solução, pequena variação da rugosidade e melhora no desempenho na molhabilidade após o processo de intemperismo. Assim, o tratamento de móveis com extrativo de freijó pode ser uma fonte de acabamento natural e eficiente, e serve de incentivo para demais estudos nesta mesma linha.

Palavras-chave: madeira, intemperismo, extrativos, produtos químicos de acabamento, colorimetria, rugosidade, molhabilidade, infravermelho médio.

ABSTRACT

EFFECT OF THE APPLICATION OF NATURAL EXTRACTS AND FINISHING PRODUCTS ON THE SURFACE OF CEDRO (*Cedrela odorata*) AND FREIJÓ (*Cordia goeldiana*) WOODS EXPOSED TO ACCELERATED INTEMPERISM.

Author: Gabriela de Souza Neves

Advisor: Joaquim Carlos González

Forestry Post-Graduation Program.

Brasilia, February of 2019.

This research aimed to evaluate the behavior of woods from the species *Cedrela odorata* (cedar) and *Cordia goeldiana* (freijó), with no finishing products, treated with natural wooden product (extractives) and finishing chemical products (primer and varnish), submitted to artificial weathering. The solvent chosen for the withdrawal of the extractives for application in the wood was methanol and the extraction method chosen was maceration. The extractive solution was produced with the addition of methanol to form a final solution with a concentration of 30%. To execute the last part of the research the samples were submitted to artificial aging, as stated by the ASTM G154 standard (2006). The treated and control samples were submitted to 9 weathering periods amounting to 600 hours of exposition. Among each period, the following parameters were analyzed: color, using a spectrum colorimeter; roughness, using a rugosimeter; wettability, using a goniometer; and chemical changes present on the surface of the woods, detected by diffuse reflectance spectroscopy in the mid-infrared (MIR). After the weathering process, the two species of wood studied presented color changes in relation to its initial color, and in relation to its roughness, there was an increase for all treatments of cedar wood, while the freijó wood presented roughness increase only for those without treatment. The wettability of both woods increased after the exposure, and with regard to the chemical changes, there was an intensity decrease on the lignin band, and an increase in the first hours of exposition followed by a decrease in the last hours on the carbonyl band for both species. The cellulose band did not show significant modification. It was concluded that the treatment with cedar extractive did not provide improvement in the performance of the wood exposed to weathering. On the other hand, the freijó extractive, in comparison to the other treatments, presented less wood color modification after the impregnation of the solution, little roughness variation and better wettability performance after weathering process. Thus, the furniture treatment with freijó extractive can be a natural and efficient finishing resource, and can be an incentive for further studies.

Key words: wood, weathering, extractives, chemical finishing products, colorimeter, roughness, wettability, mid-infrared.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	17
2.1. OBJETIVO GERAL	17
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3. HIPÓTESE	18
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1. CEDRO (<i>Cedrela odorata</i>)	18
4.2. FREIJÓ (<i>Cordia goeldiana</i>)	19
4.3. PRODUTOS DE ACABAMENTO	20
4.3.1. Seladora	21
4.3.2. Verniz marítimo	21
4.4. EXTRATIVO DA MADEIRA	21
4.5. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATIVOS	22
4.6. INTEMPERISMO	24
4.7. COLORIMETRIA	25
4.8. RUGOSIDADE	27
4.9. MOLHABILIDADE	30
4.10. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR)	31
5. MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1. ORIGEM E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	33
5.2. RETIRADA DE EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO DA MADEIRA	34
5.2.1. Preparação da madeira	34
5.2.2. Teor de umidade	34
5.2.3. Retirada de extrativos	34
5.3. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE ACABAMENTO NATURAL	37
5.4. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO EXPERIMENTO	37
5.5. ENSAIO DE INTEMPERISMO ACELARADO	39
5.6. ENSAIO DE COLORIMETRIA	40
5.7. ENSAIO DE RUGOSIDADE	42
5.8. ENSAIO DE MOLHABILIDADE	42
5.9. ENSAIO DE ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR)	43
5.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	44
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	44

6.1. ANÁLISE DE EXTRATIVOS.....	45
6.2. RETIRADA DE EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO.....	46
6.3. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE EXTRATIVO PARA O ACABAMENTO NATURAL.....	47
6.4. COLORIMETRIA DA MADEIRA.....	48
6.5. RUGOSIDADE DA MADEIRA.....	61
6.6. MOLHABILIDADE DA MADEIRA.....	69
6.7. ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR).....	77
7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
ANEXOS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Sistema Colorimétrico CIE L*a*b* 1976, contendo o eixo L de luminosidade.....	26
Figura 2 - Representação do Sistema Colorimétrico CIE L*a*b* 1976.....	26
Figura 3 - Imagem do perfil da rugosidade média.....	29
Figura 4 - Imagem do perfil da rugosidade de profundidade média.....	29
Figura 5 - Ângulo de contato do líquido com a superfície de contato do material.....	31
Figura 6 - Erlenmeyers tampados com parafilm, plástico e fita adesiva contendo extrativos das madeiras e metanol em mesa agitadora.....	36
Figura 7 - Balão de fundo arredondado em evaporador rotativo contendo extrativo de madeira.....	36
Figura 8 - Câmara de Envelhecimento Acelerado QUV/Spray, usada no intemperismo das madeiras.....	39
Figura 9 - Esquema do mecanismo da Câmara de Envelhecimento Acelerado.....	39
Figura 10 - Espectrofotômetro Color Eye XTH - X-Rite, usado no teste de colorimetria...41	
Figura 11 - Rugosímetro SurfTest SJ - 400, usado no teste de rugosidade.....	42
Figura 12 - Goniômetro Krüss DSA30, usado no teste de molhabilidade.....	43
Figura 13 - Espectrofotômetro TENSOR 37, marca Bruker, usado no teste de espectroscopia no infravermelho médio.....	44
Figura 14 - Balões de fundo redondo com extrativos: de cedro (1); de freijó (2).....	46
Figura 15 - Soluções de extrativo diluído em metanol das madeiras de freijó (A) e de cedro (B), aplicadas no acabamento das madeiras.....	48
Figura 16 - Curvas de reflectância da madeira de cedro sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz antes e após o intemperismo acelerado.....	58
Figura 17 - Curvas de reflectância da madeira de freijó sem tratamento, tratadas extrativo, seladora e verniz antes e após o intemperismo acelerado.....	59
Figura 18 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) antes de serem submetidas a exposição ao intemperismo acelerado.....	60
Figura 19 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) após 300 horas de exposição ao intemperismo acelerado.....	60

Figura 20 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) ao fim das 600 horas de exposição ao intemperismo acelerado.....	61
Figura 21 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de cedro, conforme tratamentos aplicados, na mesma escala.....	68
Figura 22 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de freijó conforme tratamentos aplicados, na mesma escala.....	68
Figura 23 - Espectros DRIFT das madeiras de cedro e de freijó.....	77
Figura 24 - Espectros da madeira de cedro sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz antes do intemperismo.....	78
Figura 25 - Espectros da madeira de freijó sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz antes do intemperismo.....	78
Figura 26 - Espectros DRIFT da madeira de cedro sem tratamento e tratada com extrativo, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	79
Figura 27 - Espectros DRIFT da madeira de cedro tratada com seladora e verniz, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	80
Figura 28 - Espectros DRIFT da madeira de freijó testemunha e tratada com extrativo, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	81
Figura 29 - Espectros DRIFT da madeira de freijó tratada com seladora e verniz, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	82

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Espectroscopia no infravermelho.....	32
Tabela 2 - Resumo dos tratamentos e respectivos períodos de ensaio de intemperismo artificial acelerado.....	38
Tabela 3 - Programação utilizada no experimento de intemperismo artificial acelerado.....	40
Tabela 4 - Descrição dos períodos de intemperismo.....	40
Tabela 5 - Classificação da variação total da cor de madeiras.....	41
Tabela 6 - Percentagem de extrativos extraídos com solvente alcoólico para as duas espécies estudadas.....	45
Tabela 7 - Total extraído e percentagem de extrativo retirado com maceração em metanol.....	46
Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sem tratamento (Testemunha), tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	49
Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de freijó sem tratamento (Testemunha), tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	53
Tabela 10 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro sem tratamento, com aplicação de metanol, tratada com extrativo, seladora e verniz.....	56
Tabela 11 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de freijó sem tratamento, com aplicação de metanol, tratada com extrativo, seladora e verniz.....	56
Tabela 12 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	62
Tabela 13 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de freijó sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	65
Tabela 14 - Valores médios dos ângulos de contato de gota séssil com madeira de cedro sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	70

Tabela 15 - Valores médios dos ângulos de contato de gota séssil com madeira de freijó sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.....	73
Tabela 16 - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de cedro sem aplicação de produto, tratada com extrativo, seladora e verniz.....	83
Tabela 17 - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de freijó sem aplicação de produto, tratada com extrativo, seladora e verniz.....	85

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

a*	Eixo cromático vermelho-verde
b*	Eixo cromático amarelo-azul
C*	Cromaticidade
CIE	<i>Comission Internacional de L'Eclairage</i>
DRIFT	Espectroscopia de reflectância difusa no infravermelho com transformada de Fourier
FTIR	Espectroscopia infravermelho com transformada de Fourier
h*	Ângulo de tinta
IR	Absorção no infravermelho
L*	Clareza ou luminosidade
ΔE	Varição da cor
ΔL	Varição da luminosidade entre ciclos
Δb	Varição do parâmetro b* entre ciclos
Δa	Varição do parâmetro a* entre ciclos
R_a	Média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil
R_q	Raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil a partir da linha média
R_z	Soma da altura média dos cinco picos mais altos do perfil e a profundidade dos cinco vales mais profundos do perfil medidos de uma linha paralela à linha média
R_t	Soma da altura do pico máximo do perfil sobre a extensão avaliada
lm	Linha média
y_i	Desvios do perfil de rugosidade superficial da madeira
MIR	Espectroscopia no infravermelho médio
UV	Raios ultravioletas
CE ₅₀	Concentração efetiva a 50%
Abs _{DPPH*}	Absorbância da solução de DPPH
Abs _{amostra}	Absorbância da fração

DPPH Radical livre estável 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

TU Teor de umidade da amostra

PV Peso inicial da amostra

PS Peso seco da amostra

v/m Volume massa

rpm Rotações por minuto

W/m² Watt por metro quadrado

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país florestal com aproximadamente 58% do seu território coberto por florestas nativas e plantadas, o que representa a segunda maior área de florestas do mundo, atrás apenas da Rússia. São estimados 485,8 milhões de hectares de florestas nativas e 10 milhões de hectares de florestas plantadas (BOLETIM SNIF, 2017). Por ser localizado em clima tropical e possuir uma grande extensão de terra, se tornou um importante produtor madeireiro.

Desta forma, este setor avançou muito na década de 90 se aproximando aos níveis internacionais, possibilitando um grande salto como exportador nesta década (GORINI, 1998). Uma das importantes indústrias do setor é a moveleira e, com o tempo, essa indústria começou a experimentar inovações mundialmente que causaram a perda de competitividade dos móveis brasileiros no mercado (GALINARI; TEIXEIRA JUNIOR; MORGADO, 2013).

Como resposta a essa perda de competitividade, é necessário que ocorram inovações nas pesquisas, experimentos e estudos acerca da na qualidade da superfície da madeira, com o objetivo não só de disponibilizar espécies pouco conhecidas, mas também de melhorar a utilização de espécies comerciais, aplicando-se produtos e técnicas para tornar este segmento mais competitivo, tanto a nível interno quanto internacionalmente. Um melhor conhecimento técnico de uma espécie, aliado a sua proteção superficial em uso, contribuirá para valoriza-la, tornando-a mais uma opção para o segmento que utiliza madeira em interiores e exteriores.

As características da madeira variam conforme a interação de seus componentes químicos e anatômicos com o ambiente, resultando em diferentes tonalidades de cores, durabilidade natural e resistência físico-mecânica. Por conseguinte, é importante conhecer suas características para indicar um uso mais racional e eficiente (GONÇALEZ, 1993).

Um dos fenômenos que mais exerce ação negativa na madeira é o intemperismo. É uma ação complexa que combina sol, chuva, umidade e ventos que incidem na superfície da madeira, resultando em alterações indesejáveis como mudança de cor, aumento da rugosidade superficial, rachaduras e fissuras superficiais, e reações químicas de seus constituintes, além do aumento de sua permeabilidade.

O tratamento superficial da madeira com produtos de acabamento contribuem para mitigar o efeito do intemperismo (GONÇALEZ et al., 2010). Os preservativos químicos

são os mais utilizados na preservação da madeira, mas a inexistência de um órgão oficial que controle a qualidade destes produtos tem causado a total desproteção das indústrias que os consomem e que levam em conta apenas o preço do produto, sem se atentar aos riscos à saúde e à vida do homem que podem causar (MORESCHI, 2011).

Alternativamente à utilização de produtos químicos, existe a possibilidade de se utilizar extrativos da própria madeira como produto de acabamento para sua superfície. Como o extrativo é um produto natural da madeira, sua utilização traz muitos benefícios, por reforçar a sua cor natural, não ser tóxico, nem poluente, motivos pelos quais sua eficiência na preservação da madeira deve ser mais estudada.

Para descobrir quais efeitos os diferentes tipos de tratamentos causam na resposta da madeira frente ao intemperismo, utiliza-se um equipamento de exposição artificial, que realiza um ensaio de envelhecimento acelerado. Com o intuito de medir estes efeitos causados na madeira pelo intemperismo, realiza-se uma série de leituras e análises na superfície da madeira, como a determinação de sua rugosidade, molhabilidade e a mudança de componentes químicos.

Da mesma forma, é importante realizar a análise da sua cor, que se associa à superfície e ao desenho da madeira, esta última sendo uma das características mais importantes tanto para identificação como para indicação de usos (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

Estas técnicas para avaliar a resposta de um tratamento da madeira a ambientes interiores ou exteriores, e os parâmetros para avaliar a qualidade desta madeira são muito importantes para a indústria, uma vez que mostra o comportamento estético do produto no decorrer do tempo de sua utilização.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo avaliar e comparar, através de técnicas não destrutivas, o comportamento da superfície da madeira de cedro (*Cedrela odorata*) e de freijó (*Cordia goeldiana*), tratadas com extrativos da própria madeira e também com produtos químicos (seladora e verniz marítimo) perante o intemperismo acelerado.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar o rendimento e a atividade antioxidante dos extrativos;

- Determinar e avaliar as modificações dos parâmetros colorimétricos claridade (L*), coordenadas cromáticas (a*e b*), saturação da cor (C) e ângulo de tinta (h*), da madeira sem tratamento, tratada com extrativos e tratada com produtos de acabamento frente ao intemperismo acelerado;
- Determinar e avaliar as modificações na rugosidade e molhabilidade da madeira sem tratamento, tratada com extrativos e tratada com produtos de acabamento frente ao intemperismo acelerado;
- Determinar e avaliar por meio da espectrometria de infravermelho médio (MIR) o efeito do intemperismo da madeira sem tratamento, tratada com extrativos e tratada com produtos de acabamento frente ao intemperismo acelerado.

3. HIPÓTESE

A aplicação de produtos de acabamento naturais na madeira (extrativos), comparada com produtos químicos comerciais, proporciona resistência a ação do intemperismo, tornando a cor mais estável ao longo do tempo e preservando o acabamento da sua superfície.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. CEDRO (*Cedrela odorata*)

Cedrela odorata é uma árvore medicinal nativa do Brasil, pertencente à família Meliaceae. Sua família possui ampla distribuição, com cerca de 50 gêneros, e a espécie é natural da América tropical (MALDONADO, 2014). A sua árvore é considerada de grande porte, podendo atingir até 30 metros de altura e um metro de diâmetro, necessitando de luz e possuindo tronco reto (CUNHA, 2009). Sua madeira possui grande demanda no mercado, competindo com espécies como o mogno (*Swietenia macrophylla*) e teca (*Tectona grandis*) devido às suas propriedades físicas, mecânicas e estéticas (MOYA; BOND; QUESADA, 2014).

No Brasil, a planta não é endêmica e está presente em áreas fitogeográficas da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. É amplamente utilizada em diferentes partes do mundo para diversas finalidades, inclusive como planta medicinal. Sua casca interna é utilizada no tratamento do diabetes, na forma de maceração na medicina popular brasileira (GIORDANI et al., 2014).

É dotada de madeira com alto valor comercial, utilizada para produzir móveis finos, molduras para quadros, artigos de escritório, instrumentos musicais, e é uma das madeiras

leves que possui maior diversificação (REMADE, 2018). A madeira de cedro apresenta coloração marrom avermelhado, com densidade básica de $0,41\text{g/cm}^3$ e pequena variabilidade dimensional (FERNANDES; VALLE; CALDERON, 2018). O cedro é muito utilizado na indústria moveleira para produzir móveis de interiores, por ser fácil de se trabalhar (lixar, apalinar, lixar) (IPT, 1989).

Além disso, a madeira de cedro desperta muito interesse por possuir um odor forte e agradável, o que serve de porta de entrada para pesquisas em relação aos seus metabólitos secundários, que por sua vez possuem potencial antioxidante (ROCHA; BARATA; MOUTINHO, 2015), além de ser considerada vermífuga e anti-malária (LORENZI; MATOS, 2002). Já no século X a.C. havia uma preocupação em tratar a madeira dos barcos com extratos de óleo de cedro, com o intuito de os proteger contra a biodegradação (ESTEVES, 2009). Em um levantamento etnofarmacológico na região do Vale do Jurena, na Amazônia, a casca do caule interno fresco ou seco de *Cedrela odorata* foi citada pelos moradores em forma de decocção e maceração no tratamento de diabetes, malária, infecção intestinal, intoxicação (BIESKI et al., 2015).

Em relação ao intemperismo, a madeira de *Cedrela odorata* apresenta grande variação de cor quando não é tratada superficialmente com algum tipo de produto químico, e estes, por sua vez, alteram a cor natural da madeira após sua aplicação (VALVERDE; MOYA, 2010).

4.2. FREIJÓ (*Cordia goeldiana*)

Cordia é um gênero de plantas pertencentes à família Boraginaceae, subfamília Cordioideae. O freijó é natural da Amazônia brasileira, e sua árvore pode atingir de 40 a 45 metros de altura, e diâmetro de 80 a 100 cm, necessitando, para tanto, de total exposição solar durante todo o seu desenvolvimento (CARPANEZZI; KANASHIRO, 1982).

As espécies tropicais de *Cordia* são amplamente utilizadas como anti-inflamatórias para cicatrização de feridas, doenças de pele, antioxidantes, antimicrobianas, antifúngicas, antivirais, adstringentes, antidiarreicas, digestivas, antiulcerativas e também para tratamento de picada de cobra, raiva e malária. Alguns dos usos anteriores são provados cientificamente e usados medicinalmente, e outros são comuns na medicina popular em seus países de origem (MOHAMED, 2016). Segundo Matias et al. (2015), estudos sobre o gênero *Cordia* descrevem que as espécies são utilizadas por populações tradicionais para o tratamento de várias doenças, como infecções, inflamações e dor. Com relação ao

potencial farmacológico, espécies do gênero foram submetidas a testes antimicrobianos, antinociceptivos, toxicológicos, antiinflamatórios e antiparasitários, entre outros. Várias substâncias têm sido identificadas e isoladas de espécies do gênero *Cordia*, particularmente metabólitos secundários da classe dos terpenóides, flavonóides e taninos.

A densidade básica da madeira de *Cordia goeldiana* é de 480 kg/m³ e a densidade aparente a 15% de umidade de 590 kg/m³ (IPT, 1989). O cerne tem cor marrom-acinzentado-claro e seu alburno é branco-acinzentado. É uma madeira que possui boa estabilidade, recebe bem a cola, pintura e polimento. Possui características particulares que lhe dão lugar de destaque entre as boas madeiras do Brasil e do mundo. Porém, é considerada pouco durável (até 12 anos) sob ação de intempéries em clima temperado, enquanto que em ambiente tropical úmido chega a durar um ano ou menos. É muito utilizada em construção geral não pesada, em acabamentos e divisórias, móveis decorativos e laminados (GOMES, 1982). O cerne da madeira de *Cordia goeldiana* é resistente e seus extrativos removidos por acetona, metanol e água quente inibem o ataque de fungos (REIS, 1972). Quando tratada com produtos de acabamento, a madeira de freijó apresenta um escurecimento da sua cor natural, e quando submetida a intempéries, tanto a madeira sem tratamento quanto a madeira com produtos de acabamento apresenta variação da sua cor inicial (GONÇALEZ et al., 2010).

4.3. PRODUTOS DE ACABAMENTO

A durabilidade da madeira é um dos aspectos de maior preocupação para o seu uso, uma vez que a grande maioria das espécies com interesse comercial está caracterizada sob esse ponto de vista, e dispomos de conhecimento e meios para saber em que condições deve ser aplicada e/ou de que modo podemos protegê-la de forma a prolongar a sua vida útil (CRUZ; NUNES, 2012).

Por ser um importante material de construção, susceptível ao intemperismo (radiação solar, umidade, gases poluentes, temperatura e conteúdo de ozônio atmosférico), a madeira admite um setor industrial voltado exclusivamente para desenvolver produtos para proteção e manutenção do seu aspecto original (PASTORE, 2004). A aplicação de produtos de revestimento, como tintas, vernizes ou velaturas, ao refletir ou absorver a radiação ultravioleta, bem como ter uma ação hidrofugante, poderá retardar este efeito (CRUZ; NUNES, 2012).

Embora compostos químicos inorgânicos e produtos de acabamento como vernizes, stains, tintas e outros sejam largamente utilizados em madeira com finalidade de melhorar a qualidade de superfície e o seu desempenho frente à intempérie, pouco se sabe sobre o efeito dessa aplicação nos valores de rugosidade e de molhabilidade das lâminas de madeira (RAABE; DEL MENEZZI; GONÇALEZ, 2017).

4.3.1. Seladora

A seladora é o produto adequado para fechar os poros da madeira, pois prepara a superfície para receber tinta e verniz, ajudando a proteger mais a madeira e evitando que ela absorva mais destes produtos do que o necessário, reduzindo gastos (SELADORA, 2012). É um produto para utilização em móveis de interiores.

4.3.2. Verniz marítimo

O verniz marítimo é um produto indicado para realçar e enobrecer as superfícies de diferentes tipos de madeira. É resistente ao atrito e intempéries, sendo indicado para uso internos e também usos externos. Este produto é um polímero alquídico modificado, composto por óleos vegetais, hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos alifáticos, agentes tensoativos, secantes organo metálicos e máximo 0,1% em volume de benzeno (MENDES et al., 2016).

4.4. EXTRATIVO DA MADEIRA

A madeira é composta pelos seus componentes principais macromoleculares, que constituem a parede celular, e eles são a celulose, polioses (hemiceluloses) e a lignina, que são os metabólitos primários. Porém, a madeira também é composta pelos componentes de baixo peso molecular, sendo eles os extrativos (matéria orgânica) e as cinzas (matéria inorgânica), que são característicos de cada espécie, conhecidos como metabólitos secundários. Dessa forma, os principais grupos químicos que compreendem as substâncias de baixo peso molecular são principalmente os compostos aromáticos (fenólicos), terpenos, ácidos alifáticos, álcoois e substâncias inorgânicas (KLOCK; ANDRADE, 2013). Ainda segundo esses autores, as espécies de madeiras variam muito na sua resistência à deterioração, na cor, odor, gosto e propriedades abrasivas, e isso é devido ao extrativo contido em cada uma delas. A pesquisa sobre os extrativos da madeira tem tido sua motivação na descoberta e obtenção de novos produtos e sub produtos de valor comercial.

Nos últimos anos, tem-se verificado uma significativa evolução quanto à filosofia de proteção da madeira e aos métodos correntes de preservação e tratamento, no sentido de uma abordagem menos agressiva para o ambiente e menos tóxica para o homem (CRUZ; NUNES, 2012).

Além de estudos sobre a utilização destes metabólitos secundários como proteção a deterioração por xilófagos, há estudos que visam quantificar substâncias corantes provenientes de serragem de madeira como uma forma alternativa de corante de tecido com menor impacto ambiental, e sabemos que desde o descobrimento do Brasil se usam corantes naturais provenientes da madeira para tingir tecidos, como exemplo o Pau-Brasil (GUARATINI; ZANONI, 2000).

Os extrativos vegetais também podem ser utilizados como protetor solar, e podem apresentar atividades terapêuticas, antiinflamatória e antioxidante, combatendo, assim, alguns dos danos causados pela radiação solar (ANDRADE, 2015). Flavonóides, antocianinas e derivados do ácido cinâmico são substâncias que podem estar presentes na madeira e que absorvem a região UV, sugerindo a hipótese de filtração desta radiação (RAMOS; SANTOS; DELLAMORA-ORTIZ, 2010).

Em relação à técnicas de extração, o método de extração alcoólica de extrativos da madeira é o responsável por retirar principalmente pigmentos coloridos, flobafenos, taninos e estilbenos, e flavonoides como subgrupo (KLOCK; ANDRADE, 2013). Para a utilização dos extrativos da madeira existem diversos estudos que analisam a forma mais eficiente de retirada destes metabólitos secundários. Segundo Phrompittayarat et al. (2007), entre nove diferentes métodos de extração, o método que retirou uma maior quantidade de extrativo foi o de maceração.

4.5. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE EXTRATIVOS

Antioxidantes são compostos que, quando presentes em concentrações ideais em relação aos substratos oxidáveis, reagem com os radicais livres impedindo ou diminuindo o estresse oxidativo. Muitas doenças e processos degenerativos estão associados à superprodução de radicais livres, os quais têm estimulado vários grupos de pesquisa a investigarem o potencial antioxidante de substâncias produzidas por diversas famílias da flora mundial (RODRIGUES et al., 2017).

Radicais livres e espécies oxidantes podem se comportar como produtos deletérios e tóxicos, envolvidos em disfunções celulares e teciduais. A superprodução dessas espécies

pode resultar em danos ao DNA, lipídios e proteínas (ESPINOSA-DIEZ et al., 2015). Embora as defesas antioxidantes sejam diferentes de espécie para espécie, a presença da defesa antioxidante é universal. Reações bioquímicas normais e aumento da exposição ao meio ambiente resultam na geração de espécies reativas de oxigênio e espécies reativas de nitrogênio (NIMSE; PAL, 2015).

Frutas e vegetais são uma fonte rica de antioxidantes, como vitamina C, tocoferol, fenólicos e β -caroteno (KOLEY et al., 2016). Entre estes, os fenólicos servem como poderosos antioxidantes, em virtude das propriedades doadoras de hidrogênio de seus grupos hidroxilas fenólicas, bem como doando elétrons para impedir as reações em cadeia de radical livre que emergem do estresse oxidativo (JOHN; SHAHIDI, 2010).

A foto-oxidação é a primeira fase sofrida pela madeira durante o intemperismo, este fenômeno é causado pela radiação ultravioleta (UV) do espectro solar. Como o processo de intemperismo afeta apenas a superfície da madeira, a degradação começa quando a madeira é exposta a luz, causando mudança de cor desta superfície (WILLIAMS, 2005). Para avaliar a atividade antioxidante de compostos ou extratos, o método que utiliza o radical livre estável DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) em solução de metanol tem sido muito utilizado (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

Essa análise é baseada na habilidade de compostos em doar um próton para o radical DPPH e formar estruturas de ressonância estáveis, estabilizando assim o radical livre. Os antioxidantes vegetais são de natureza muito variada, mas os compostos fenólicos tem sido apontados como responsáveis por maior capacidade antioxidante, sendo representados pelos flavonoides e isoflavonoides, taninos, xantomas e outros (RODRIGUES et al., 2017).

O trabalho de Rodrigues et al. (2017) com extratos botânicos de *Croton heliotrpiifolius* Kunth. e *Croton blanchetianus* Baill, resultou na comprovação de suas atividades antioxidantes, encontrando CE_{50} (Concentração Efetiva) de 50,15 mg/mL e 6,5mg/mL, respectivamente.

Vieira et al. (2015), estudou a atividade antioxidante de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. e encontrou que o extrato metanólico da casca do caule possui atividade antioxidante levemente acentuada de 10,9 μ g/mL.

4.6. INTEMPERISMO

Intemperismo é um termo geral usado para definir a lenta degradação de materiais expostos ao ambiente. Esta alteração indesejável se inicia com a radiação solar, seguida pelas mudanças sazonais, evaporação, aumento da umidade, ocorrência de vento, entre outros vários fatores (WILLIAMS, 2005).

O mecanismo de deterioração depende do tipo de material, mas a causa é uma combinação de fatores encontrados na natureza como umidade, irradiação solar, calor e frio (TELES; COSTA, 2014). O intemperismo é um fenômeno que afeta a superfície do material, e a radiação ultravioleta é o fator mais importante dos efeitos do intemperismo na superfície da madeira (AFROUZI; OMIDVAR; MARZBANI, 2013).

A cor da maioria das espécies de madeira se mostra instável em condições naturais, podendo ser alterada por diversos fatores, e essa instabilidade está relacionada diretamente às constituintes da madeira que exercem grande influência na formação da cor. A madeira exposta à radiação solar está sujeita à deterioração de sua superfície, ocorrendo primeiro a mudança de cor e posteriormente a perda de propriedades mecânicas (GONÇALEZ et al., 2010).

Esse processo de mudança de cor pode naturalmente ser acelerado se, a uma exposição intensa ao sol, se associar a incidência direta da chuva, que remove o material deteriorado, expondo progressivamente a madeira. Em todo caso, o tipo de deterioração causado pelos agentes atmosféricos é muito lento, afetando a madeira sobretudo do ponto de vista estético (CRUZ; NUNES, 2012).

A radiação ultravioleta também é capaz de causar a deterioração dos componentes químicos estruturais da madeira (lignina e carboidratos) devido a sua alta energia. Decorridos alguns anos do material exposto, as fibras da superfície se soltam e erodem (WILLIAMS, 2005), alterando também a rugosidade e a molhabilidade do material.

O trabalho de Costa et al. (2011) sobre a influência da fotodegradação na cor da madeira de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*), concluiu que as madeiras das duas espécies apresentam variação muito apreciável causada pela fotodegradação.

Teles e Costa (2014) avaliaram a influência do intemperismo acelerado na madeira de *Hymenolobium petraeum* e concluíram que, nas primeiras 24 horas de exposição, ocorreu o escurecimento da madeira e, durante o restante do período, o escurecimento se estabilizou.

Já o trabalho de Mesquita, Gonzalez e Paula (2017), avaliando o comportamento da madeira de *Tectona grandis*, mostrou que não houve variação significativa na cor natural da madeira frente ao intemperismo.

No trabalho de Pace et al. (2018) com madeira de *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora*, observou-se que o processo de intemperismo acelerado provocou alterações significativas nas madeiras.

4.7. COLORIMETRIA

Características como densidade, textura, grã e dureza são bastante utilizadas na classificação e avaliação da qualidade da madeira, mas, de uns tempos para cá, a cor também vem sendo considerada como um índice de classificação e qualidade (MORI et al., 2004).

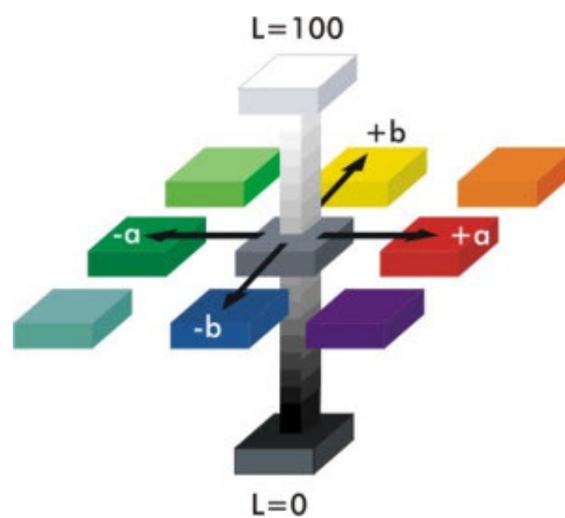
A análise final da cor de qualquer produto lhe garante um padrão de qualidade no mercado, sendo um dos componentes mais importantes da estética, que se associa à superfície e ao desenho de uma peça de madeira (PAULA, 2016). Por ser uma característica associada a aspectos de textura e desenho, a cor é uma das características mais importantes para a identificação e indicação de usos de espécies de madeira (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). Para determinar a cor da madeira, utiliza-se o aparelho espectrofotômetro.

A colorimetria é a ciência de medição de cor e é amplamente empregada no comércio, indústria e laboratórios de desenvolvimento para expressar a cor em termos numéricos e para medir as diferenças de cor entre amostras. As aplicações incluem tintas, plásticos, gráfica, vestuário, alimentos e bebidas, farmacêuticos e cosméticos, monitores e outros produtos e peças que refletem ou transmitem cor (KONICA, 2014).

O sistema CIE (Comission Internacional de L'Eclairageou, Comissão Internacional de Iluminantes) é um método que define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, que define a escala cinza entre o branco e o preto, sendo representada graficamente por uma reta perpendicular a um círculo, passando pelo seu centro, e expressa pela variável “L*”, variando de 0 (preto absoluto) a 100 (branco total); as coordenadas cromáticas ou matiz, expressa pelas cores vermelho, verde, amarelo e azul, identificadas respectivamente por “+a*”, “-a*”, “+b*” e “-b*”, e representada graficamente em forma de um círculo cortado por duas retas perpendiculares (horizontal e vertical) que passam pelo centro (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

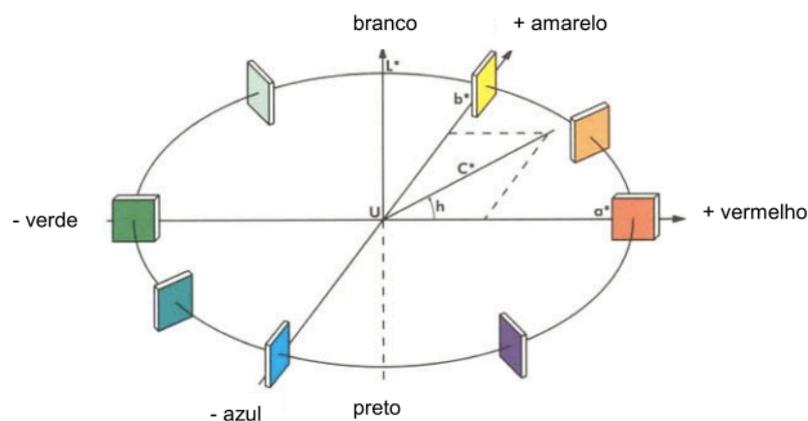
O parâmetro h^* (ângulo de tinta), derivado destas coordenadas, variando de 0 a 60, em que, quanto mais próximo de 0, mais vermelha a madeira, e quanto mais próximo de 60, mais amarela é a madeira; e a saturação ou cromaticidade, expressa pela variável “C”, que é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L^* (luminosidade), e que, quanto mais distante do eixo, mais saturada é sua cor, variando de 0 a 60 (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001) (Figura 1 e 2).

Figura 1 – Representação do Sistema Colorimétrico CIE $L^*a^*b^*$ 1976, contendo o eixo L de luminosidade.



Fonte: SANCHES, 2012.

Figura 2 - Representação do Sistema Colorimétrico CIE $L^*a^*b^*$ 1976.



Fonte: GRIEBELER, 2013.

O padrão de coloração de uma madeira pode variar em tonalidades que vão desde o bege claro até o marrom escuro, quase preto. Dentro dessa variação existem madeiras amareladas, avermelhadas, arroxeadas e alaranjadas (CAMARGOS, 1999). Assim, dentro de cada grupo, a cor pode ser considerada clara ou escura em função do valor L^* , ou ainda, amarelada, acinzentada, alaranjada, amarronzada, oliva, rosada, arroxeadada e avermelhada em função dos valores a^* e b^* ou suas combinações (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

No trabalho de Costa et al. (2011) sobre a influência da fotodegradação de *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Couratari oblongifolia* (tauari), os resultados obtidos foram que ambas as espécies sofreram alteração de cor com variação muito apreciável. O jatobá apresentou maior tendência para se avermelhar, enquanto o tauari apresentou coloração oliva escura.

Mesquita (2016) estudou a influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas das madeiras de *Micropholis* sp. e *Couratari* sp., e concluiu que produtos de acabamento causam escurecimento muito apreciável na cor natural da madeira que sofre intemperismo.

No estudo de Pace et al. (2018) com a espécie de *Khaya ivorensis* e *Corymbia citriodora*, concluiu-se que não houve mudança de coloração da superfície de ambas madeiras pelo uso de lixas com diferentes granulometrias.

Teles e Costa (2014), estudaram a influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de *Hymenolobium petraeum*, e notaram que a exposição causou decréscimo na variável L^* , tornando a madeira mais escura, e aumento do pigmento vermelho (a^*) e amarelo (b^*), com posterior declínio destas variáveis.

4.8. RUGOSIDADE

A aspereza da madeira está intimamente ligada com sua qualidade, de modo que quanto menor a aspereza, o produto apresenta menos imperfeições, irregularidades, capta menos sujeira e sua limpeza é facilitada (HENZ; CARDOSO, 2005).

A determinação da qualidade da madeira envelhecida pode ser medida por um rugosímetro, que é um equipamento eletrônico que percorre as superfícies com uma ponta de contato, de maneira que este movimento é captado por sensores eletrônicos apresentando a rugosidade em gráficos e valores dos parâmetros (GUEDES, 2014), avaliando a qualidade do perfil bidimensional da superfície da madeira.

Fatores como ângulo de direção das fibras, velocidade do corte, profundidade, teor de umidade da madeira durante o corte, direção do corte, número de lâminas, tipo de madeira influenciam diretamente na aspereza da sua superfície. Quando todos os outros fatores são mantidos constantes, são obtidos diferentes valores de suavidade nos diferentes tipos de madeira e seções (radial ou tangencial). A aspereza é definida como desvios de altitude em uma superfície, de modo que é perfeitamente lisa aquela que não apresentar desvios (BURDURLU et al., 2005).

O mercado moveleiro procura por uma madeira lisa, por isso a importância da utilização de um rugosímetro. Representando uma característica bastante importante do objeto, é necessário buscar exatidão e precisão ao obter os valores de rugosidade (DOMINGOS; FREITAS; MACHADO NETO, 2014).

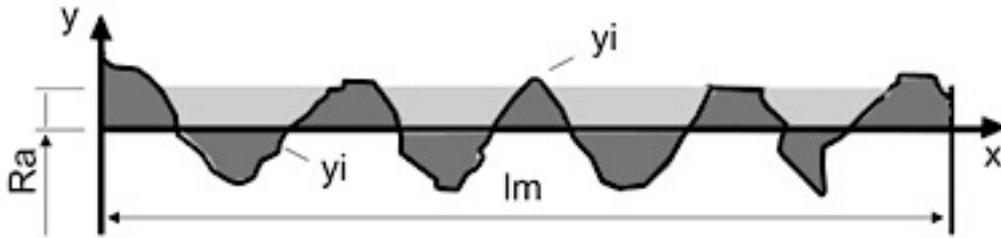
O rugosímetro é um aparelho eletrônico muito usado na indústria para determinar perfis lineares em superfícies de materiais. Ele mede variações verticais em função de um deslocamento horizontal e é usado para verificar rugosidade em materiais como metais, plásticos, superfícies de dentes, madeiras entre outros (SORAGI, 2009).

Segundo a norma JIS 0601 (2001), são calculados quatro parâmetros que definem a rugosidade, que são: R_a , média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil da linha média; R_z é a soma da altura média dos cinco picos mais altos do perfil e a profundidade dos cinco vales mais profundos do perfil; R_t é a soma da altura do pico máximo do perfil sobre a extensão avaliada; R_q é a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil a partir da linha média dentro do percurso de medição (MARTINS et al., 2011).

A norma ISO 4287 (1997) explica os parâmetros de amplitude da rugosidade, em que R_a é a rugosidade média, ou seja, média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento (y_i), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição (l_m), assim, como o valor de R_a é uma média, grandes alterações na superfície do material (defeitos) são ocultadas (DIAS, 2013) (Figura 3).

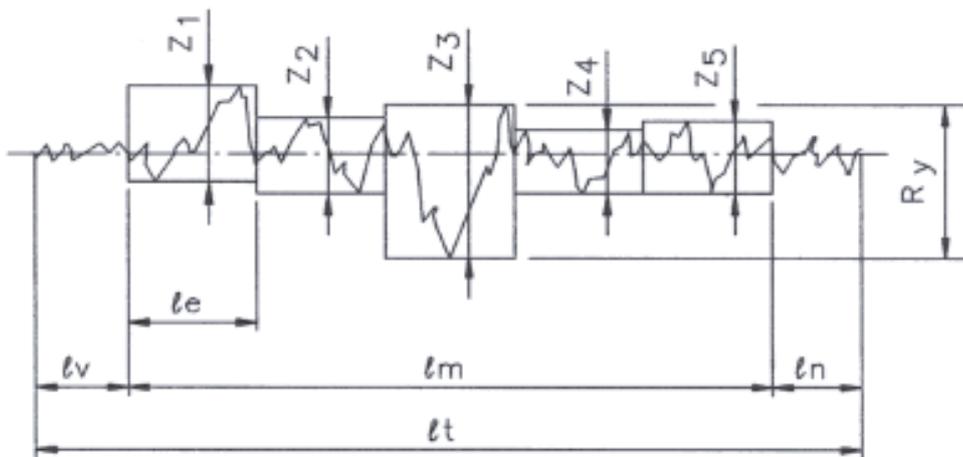
O valor de R_z corresponde ao valor da rugosidade de profundidade média, em que se calcula a distância vertical entre o pico mais alto e o vale mais profundo dentro de um comprimento de amostragem, fazendo-se a média aritmética dos R_z em amostragens consecutivas, ou seja, é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média, contidos no plano de observação (DIAS, 2013) (Figura 4).

Figura 3 - Imagem do perfil da rugosidade média.



Fonte: CASTRO, 2000 apud LOPES et al., 2014.

Figura 4 - Imagem do perfil da rugosidade de profundidade média.



Fonte: DIN 4762, 1989 apud ALVES, 2011.

Mesquita (2016) analisou em seu estudo a influência do intemperismo acelerado na rugosidade das madeiras de *Micropholis* sp. e *Couratari* sp., e constatou que houve um aumento de rugosidade maior nas madeiras que não foram tratadas superficialmente com produto de acabamento comparadas com as madeiras tratadas.

Pertuzzatti et al. (2015), em estudo sobre as alterações físicas da madeira de *Tetrorchidium rubrivenium* tratada termicamente, concluiu que a termorretificação aumenta a rugosidade da superfície da madeira necessitando assim aplainar, tornear ou lixar sua superfície posteriormente.

Lopes et al. (2014) avaliou a rugosidade superficial da madeira de três espécies de *Eucalyptus* sp., e obteve como resultado que a madeira usinada do *E. urophylla*, de maior densidade básica, foi superior com o aumento do avanço por dente e pela velocidade de

avanço. Já a madeira de *E. dunnii*, de menor densidade básica, apresentou pior desempenho de qualidade na superfície mesmo com o aumento do avanço por dente e da velocidade de avanço, e *E. grandis* apresentou desempenho intermediário de qualidade da superfície e melhoria com o aumento de avanço por dente e da velocidade de avanço.

4.9. MOLHABILIDADE

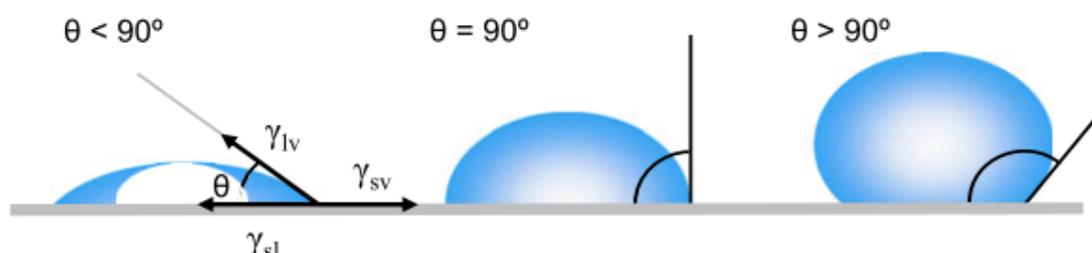
A permeabilidade é uma propriedade que indica nas madeiras, a facilidade ou não, de um determinado fluido (líquido ou gás) penetrar pelas suas estruturas celulares. Esta característica da madeira também pode determinar a qualidade de impregnação após a aplicação de tratamentos de preservação, desta forma, quanto mais permeável a superfície, maior é a impregnação de produtos de acabamento, e assim, maior o tempo de vida útil do material (BRISOLARI, 2008).

Conhecer a molhabilidade da madeira para líquidos e gases também desempenha um importante papel em processos técnicos, como o tratamento da madeira com preservativos, no processo de polpação ou na secagem da madeira, de maneira que quanto mais permeável a madeira, mais facilmente ela é processada ou tratada (HANSMANN et al., 2002). Conhecer o efeito do intemperismo na permeabilidade da madeira está intimamente relacionado com a qualidade do acabamento da sua superfície.

Para definir a permeabilidade da madeira, utiliza-se o goniômetro, um equipamento que mede o ângulo de contato da gota de água destilada sobre a superfície de um corpo de prova através do tempo, identificando a permeabilidade do material, ou seja, a facilidade ou não de um determinado fluido (líquido ou gás) de penetrar pelas suas estruturas celulares (BRISOLARI, 2008).

Estudos de permeabilidade normalmente são feitos a partir do cálculo do ângulo de contato do líquido com a superfície de contato, de modo a indicar o grau de molhabilidade entre o sólido e o líquido. Desta forma, pequenos ângulos de contato ($<90^\circ$) correspondem a alta molhabilidade ou espalhamento, e grandes ângulos de contato ($>90^\circ$) correspondem a baixa molhabilidade (YUAN; LEE, 2013) (Figura 5).

Figura 5 - Ângulo de contato do líquido com a superfície de contato do material.



Fonte: Yuan e Lee (2013).

No estudo de Raabe, Del Menezzi e Gonzalez (2017), que avaliou a superfície de lâminas decorativas de curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler), verificou-se que a rugosidade diminuiu após o processo de lixamento, mais expressivamente após a aplicação da seladora.

No trabalho de Fonte, Carneiro e Muniz (2018) sobre molhabilidade de *Cryptomeria japonica*, conhecida pelo nome de sugi, com diferentes produtos de acabamento, concluiu-se que o verniz à base de água apresentou maior penetração (72°), e o verniz copal e o poliuretano apresentaram maior hidrofobicidade e maior resistência à umidade, com 92° e 85°, respectivamente.

Mattos et al. (2015) encontraram, em seu trabalho com madeira de guapuruvu, ângulo aproximado de 45° no início da medição, e próximo de zero a 95 segundos de deposição da gota na madeira utilizada como controle.

4.10. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR)

Atualmente, a espectroscopia na região do infravermelho tem se destacado como técnica analítica por proporcionar métodos rápidos, robustos, não-destrutivos, não-invasivos, o que possibilita aplicações automáticas e em tempo real, e a região do MIR é a principal região da espectroscopia vibracional (TELES, 2016).

A espectroscopia no infravermelho médio é uma forma relativamente nova de determinar a qualidade da madeira. Essa técnica possibilita a obtenção de informações de materiais isolados e biomateriais através da utilização de um feixe de luz em uma amostra, que mede a quantidade de energia radiante que foi absorvida ou refletida (OLIVEIRA et al., 2015).

A região do espectro correspondente ao infravermelho está situada depois da região do visível, e abrange a radiação com números de onda no intervalo de aproximadamente 12.800 a 10 cm^{-1} , ou comprimento de onda de 780 a 100.000 nm (SANTOS, 2011) (Tabela 1).

Tabela 1 - Espectroscopia no infravermelho.

Região no Infravermelho	Intervalo de número de onda (ν) - (cm^{-1})	Região em comprimento de onda (λ) - (nm)
Próximo (NIR)	12.800-4.000	780-2.500
Médio (MIR)	4.000-200	2.500-5.000
Distante (FIR)	200-10	5.000-10.000

O primeiro espectro infravermelho de ligninas foi publicado em 1948, mas foi com o advento da transformada de Fourier, há cerca de 30 anos, que os métodos espectroscópicos se generalizaram e, hoje, encontram-se incorporados nos procedimentos de rotina para investigar a composição química de madeiras e seus constituintes, sendo a técnica de reflectância difusa (DRIFT), bastante indicada para análise de superfícies da madeira (PASTORE, 2004).

A técnica de espectroscopia no infravermelho médio permite a determinação e caracterização das propriedades químicas dos compostos por meio de seus espectros de absorção na região do infravermelho, através da identificação de movimentos vibracionais e rotacionais das ligações moleculares (BICAS et al., 2017).

Todos os métodos da espectroscopia no infravermelho fornecem informações sobre a estrutura molecular de madeira sólida ou em pó e, em muitos casos, amostras de madeira podem ser analisadas diretamente, sem preparação da amostra. Por isso, é possível obter informação sobre as interações a nível molecular entre polímeros de madeira em seu estado inicial. Além disso, esses métodos são rápidos e não destrutivos (NUOPPONEN et al., 2006)

De acordo com Pastore (2004), a espectroscopia DRIFT na faixa do infravermelho médio é um método adequado para acompanhar a fotodegradação da superfície de madeiras, podendo ser utilizado em experimentos de intemperismo.

No estudo de Pastore et al. (2008), sobre o efeito do intemperismo acelerado em quatro madeiras tropicais monitorado por espectroscopia de infravermelho (DRIFT),

concluiu-se que a espectroscopia DRIFT, por ser uma técnica não destrutiva, é uma ferramenta adequada para acompanhar o processo de intemperismo acelerado da madeira.

No mesmo estudo, os autores identificaram diferenças de comportamento em relação a formação e lixiviação dos compostos carbonilados nas quatro espécies estudadas, mas para todas as espécies a lignina foi o componente degradado mais rapidamente.

No estudo de Mesquita (2016) sobre o comportamento das madeiras de *Micropholis* sp. e *Couratari* sp., submetidas ao intemperismo acelerado, concluiu-se que a espectroscopia no infravermelho médio aplicada às madeiras se mostrou uma ferramenta eficaz na análise de degradação química superficial da madeira.

Moreira et al. (2017) realizaram em seu trabalho a análise química qualitativa da cortiça de árvores de *Kielmeyera coriácea* Mart., com espectro infravermelho médio e, analisando as diversas bandas, concluiu que por a cortiça conter insaturações, grupos hidroxilos e carbóxilos, pode ser utilizada como monômero na síntese de poliésteres, poliéteres ou poliuretanos, substitutos na produção industrial de diversos domínios.

5. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi dividido em quatro etapas:

1. Retirada de extrativos das espécies de madeira estudadas (cedro - *Cedrela odorata* e de freijó - *Cordia goeldiana*) com três diferentes solventes, para análise e verificação da eficiência de cada um deles. Nesta etapa, realizou-se um projeto piloto (Anexo A) para determinar o melhor solvente a ser utilizado na obtenção do extrativo para um dos tratamentos do trabalho;
2. Retirada de extrativos das duas espécies de madeira com técnica mais simples, utilizando-se metanol para posterior tratamento superficial dos corpos de prova do trabalho;
3. Tratamento superficial dos corpos de prova com extrativo, seladora, verniz marítimo; e
4. Ensaio de intemperismo acelerado e avaliações não destrutivas da madeira durante o intemperismo nas amostras.

5.1. ORIGEM E CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As madeiras utilizadas no estudo são provenientes de pranchas de madeira livres de defeitos, como nós e rachaduras, adquiridas no mercado de Brasília, provenientes de floresta nativa (Amazônia Brasileira) do estado do Pará.

Para o estudo, essas peças tiveram suas identificações confirmadas no Laboratório de Produtos Florestais (LPF-SFB) em Brasília, onde foram confeccionadas as amostras. As peças foram transformadas em 43 corpos de prova de cada espécie, com dimensões de 3 x 8 x 0,5 cm de largura, comprimento e espessura, respectivamente.

5.2. RETIRADA DE EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO DA MADEIRA

5.2.1. Preparação da madeira

Amostras sobressalentes foram moídas em um moinho de facas para a redução da madeira em pó, e toda a madeira moída foi utilizada nos ensaios químicos. Assim, utilizou-se, em média, 140 gramas de pó de cedro e 140 gramas de pó de freijó.

Com o objetivo de retirar o máximo de extrativo das duas espécies e analisar o potencial antioxidante destes extrativos, realizou-se um teste piloto com a finalidade de encontrar o melhor solvente químico. Assim, utilizou-se como solventes o etanol 96%, acetato de etila e n-pentano. A análise antioxidante pelo método de DPPH, está descrita no Anexo A. Posteriormente, usando como base os resultados do Anexo A, foi realizada a retirada dos extrativos com um quarto solvente, o metanol. Os solventes que foram mais eficientes para retirada de extrativo para ambas as espécies foram os dois solventes alcoólicos, etanol 96% e metanol.

5.2.2. Teor de umidade

Para a determinação do teor de umidade do pó proveniente da madeira, foram colocados 2 gramas em triplicata de cada espécie em um pequeno prato de alumínio, que foi pesado antes e após ser colocado em estufa. Para o cálculo foi utilizada a equação 1.

$$TU = \frac{PV-PS}{PS} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que: TU = Teor de umidade da amostra (%);

PV = Massa inicial da amostra (g);

PS = Massa seca da amostra (g).

5.2.3. Retirada de extrativos

Com a finalidade de retirar o máximo de extrativo das duas espécies e analisar o potencial antioxidante desses extrativos, um teste piloto foi realizado (Anexo A). Nesse teste, retiraram-se extrativos das madeiras estudadas com três diferentes solventes

químicos, utilizando a extração Soxhlet e análise antioxidante pelo método de DPPH, descritos no Anexo A. O solvente que foi mais eficiente para retirada de extrativo para ambas as espécies e o que apresentou maior potencial antioxidante foi o solvente alcoólico etanol.

Como forma de comparação com os resultados de teor de extrativos obtidos e tendo como base a metodologia seguida por Silveira (2018), utilizou-se um método de extração mais simples, a extração por maceração com metanol. Este método requer materiais mais acessíveis e o solvente tem características químicas bastante similares ao etanol, além de ser uma das matérias primas mais consumidas na indústria química e também ser obtido comercialmente a partir da destilação destrutiva de madeira (PEREIRA; ANDRADE, 1998), indicando, assim, maior afinidade com compostos madeireiros e sugerindo ser mais eficiente na retirada de extrativos.

Dessa forma, a serragem foi imersa em metanol, obtendo-se uma proporção (v/m) de 10:1 entre o solvente e a madeira. Cada uma dessas misturas ficaram contidas em um Erlenmeyer tampado para evitar perda de solvente durante o processo de maceração, uma vez que o metanol é altamente volátil. As misturas metanol-madeira em maceração permaneceram em uma mesa agitadora, marca TENAL modelo TE-140, durante 24 horas a 120 rpm (Figura 6). Logo após, as soluções foram filtradas com filtro de café 103 comum para um becker, formando uma solução extrativo+metanol.

A mesma madeira macerada utilizada foi imersa novamente em metanol, desta vez em uma proporção menor que a usada anteriormente, pois a madeira ainda estava encharcada, e este processo se repetiu por mais uma vez, totalizando 3 imersões, com o objetivo de retirar o máximo possível de extrativo.

Figura 6 – Erlenmeyers tampados com parafilm, plástico e fita adesiva contendo extrativos das madeiras e metanol em mesa agitadora.



Após cada filtração, a solução retirada foi transferida do Becker para um balão de 300 mL, para evaporação do metanol. Esta operação foi feita no evaporador rotativo da marca QUIMIS a 45 °C até evaporação do solvente (Figura 7). Os balões com os extrativos de cada espécie foram tampados com papel e elástico, e colocados em estufa a vácuo da marca TECNAL, modelo TE-395, a 45 °C por 24 horas, para garantir a total evaporação do solvente.

Figura 7 – Balão de fundo arredondado em evaporador rotativo contendo extrativo de madeira.



Todos estes ensaios foram realizados no Setor de Química e no Setor de Biodegradação do Laboratório de Produtos Florestais – LPF.

5.3. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE ACABAMENTO NATURAL

A preparação do produto natural de acabamento, a partir dos extrativos retirados das madeiras de *Cedrela odorata* e *Cordia goeldiana*, foi feita de acordo com Brocco et al. (2017), que em seu trabalho adicionou a mesma solução utilizada na retirada dos extrativos para produção da solução de extrativos.

Desta forma, após a retirada dos extrativos, e utilizando-se o valor do teor total de sólidos de cada espécie, a solução final para o tratamento superficial da madeira foi produzida adicionando metanol aos extrativos, mesmo solvente da sua retirada para que não houvesse nenhuma precipitação na mistura, e também por se tratar de um solvente bastante volátil em temperatura ambiente, possibilitando que, após o tratamento das amostras, ficasse apenas o extrativo em suas superfícies.

A quantidade de metanol adicionado aos extrativos foi calculada para que a solução final possuísse concentração de 30%, média encontrada em produtos de acabamento e que foi possível produzir com a quantidade de extrativo obtida.

5.4. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NO EXPERIMENTO

Foram usadas 80 amostras com dimensões de 3 x 8 x 0,5 cm de largura, comprimento e espessura, respectivamente, para os ensaios de intemperismo, 40 de cada espécie. Dessas 40 amostras, 10 foram tratadas com extrativos da própria espécie, 10 tratadas com seladora e 10 com verniz marítimo. As outras 10 amostras serviram de testemunha. Em 3 amostras sobressalentes, foi aplicado somente metanol como forma de verificação da influência deste solvente sozinho na madeira, uma vez que a solução de extrativo foi produzida com este solvente. Os resultados dos ensaios realizados nestas amostras com aplicação de metanol foram descritos no Anexo B. Assim, o metanol neste trabalho desempenha o papel de “branco”, e esta etapa é importante para realizar as análises corretas, sem interferência do solvente.

Como produto químico de acabamento, utilizou-se a seladora da marca Sayerlack NL 9245 00, a base de Nitro celulose transparente, possuindo secagem rápida e limitada resistência química e física, segundo a embalagem do produto, e um verniz marítimo da marca Sherwin-Williams incolor e fosco à base de resina alquílica.

Apesar de a seladora ser um produto de preparo da madeira, ou seja, é aplicada primeiro na superfície, com o objetivo de fechar os poros, para posterior aplicação de outro produto de acabamento, a seladora e o verniz foram aplicados separadamente para retratar o uso destes como é feito na indústria, em que é usado ou um produto ou outro. A aplicação da seladora e do verniz foi realizada com um pincel pequeno, próprio para madeiras, da marca Tigre, com 19mm de largura de cerca de giz, de referência 186. Já para a aplicação da solução de acabamento natural (extrativo da própria madeira), foi utilizado pincel da marca Tigre, de número 8155-18, por ser um pincel que possui cerdas mais finas, para evitar desperdício de soluções. As soluções foram aplicadas por 4 vezes contínuas em movimentos de ida e volta, com 3 demãos, e com intervalo para secar entre as demãos.

As amostras foram submetidas ao ensaio de intemperismo acelerado em 9 períodos, descritos na Tabela 2. Para acompanhar o comportamento das amostras frente ao intemperismo, realizou-se, para cada tempo de intemperismo, a medição de cor, teste de rugosidade e de molhabilidade e espectrometria de infravermelho médio (MIR). Registra-se que antes dos ensaios de intemperismo, realizou-se as medições (cor, rugosidade, molhabilidade e MIR) de todas as amostras, inclusive da testemunha.

Com exceção do ensaio MIR, que foi realizado no Setor de Química, Adesivos e Borracha Natural do LPF/SFB, os demais ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal (FT/UnB).

Tabela 2 - Resumo dos tratamentos e respectivos períodos de ensaio de intemperismo artificial acelerado.

Tratamentos	Testemunha	Extrativo	Seladora	Verniz
	0 hora	0 hora	0 hora	0 hora
	12 horas	12 horas	12 horas	12 horas
	24 horas	24 horas	24 horas	24 horas
	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas
Períodos	96 horas	96 horas	96 horas	96 horas
	200 horas	200 horas	200 horas	200 horas
	300 horas	300 horas	300 horas	300 horas
	400 horas	400 horas	400 horas	400 horas
	600 horas	600 horas	600 horas	600 horas

5.5. ENSAIO DE INTEMPERISMO ACELERADO

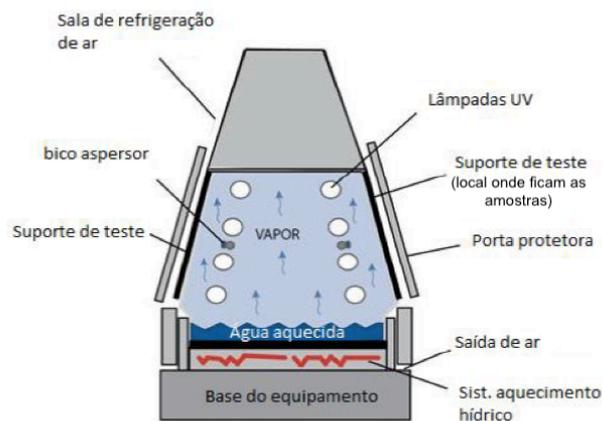
Todos os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de intemperismo acelerado por radiação ultravioleta artificial, realizado no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal (FT/UnB) utilizando a Câmara de Envelhecimento Acelerado Q-lab modelo QUV/Spray (Figura 8). As amostras foram submetidas aos tempos de 12, 24, 48, 96, 200, 300, 400 e 600 horas de intemperismo.

Figura 8 - Câmara de Envelhecimento Acelerado QUV/Spray, usada no intemperismo das madeiras.



A câmara possui controle automático de temperatura e umidade relativa, utilizando lâmpadas fluorescentes UVA com irradiância de $1,36 \text{ W/m}^2/\text{nm}$ a 340nm (Figura 9), conforme a norma ASTM G154 (ASTM, 2006).

Figura 9 - Esquema do mecanismo da Câmara de Envelhecimento Acelerado.



Fonte: Q-LAB (2011) modificado.

Tabela 3 - Programação utilizada no experimento de intemperismo artificial acelerado.

ASTM G154 CICLO 7				
Étapas	Função	Irradiância (W/m ²)	Temperatura (°C)	Tempo (h)
1	UV 340	1,55	60	08:00
2	Spray	n/a	n/a	00:15
3	Condensação	n/a	50	03:45
4	Ir para etapa 1			
Total				12:00

n/a = não se aplica.

Tabela 4 - Descrição dos períodos de intemperismo.

Período	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
Horas de ensaio	0	12	24	48	96	200	300	400	600
Ciclos acumulados	0	1	2	4	8	16,67	25	33,33	50
Dias acumulados	0	0,5	1	2	4	8,3	12,5	16,67	25

5.6. ENSAIO DE COLORIMETRIA

Para o ensaio de colorimetria da madeira, utilizou-se um espectrofotômetro, Color Eye XTH - X-Rite (Figura 10), com resolução de 3nm, equipado com uma esfera integradora de refletância difusa, iluminante D65 e ângulo de 10°C, sempre em temperatura ambiente, acoplado a um microcomputador. Foram realizadas 10 leituras em cada uma das amostras na face tangencial.

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros colorimétricos foi o sistema CIELAB 1976, conforme Gonzalez (1993). Os parâmetros colorimétricos determinados foram: L* (claridade), coordenadas cromáticas a* e b* (coloração vermelho e amarelo), C (saturação) e h* (ângulo de tinta).

Figura 10 - Espectrofotômetro Color Eye XTH - X-Rite, usado no teste de colorimetria.



Para caracterizar a cor da madeira de cedro e freijó em cada tratamento, foi utilizada a tabela de cores sugerida por Camargos e Gonzalez (2001), e para determinar as variações dos parâmetros colorimétricos, calculou-se a variação total da cor (ΔE) entre os tratamentos, conforma a Equação 2 de acordo com a norma ASTM 2244 (2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: ΔE = variação da cor entre ciclos;

ΔL = variação da luminosidade entre ciclos;

Δa = variação do parâmetro a^* (eixo de cores vermelho-verde) entre ciclos;

Δb = variação do parâmetro b^* (eixo de cores amarelo-azul) entre ciclos.

Para classificar a variação da cor foi usada a Tabela 5, elaborada por Hikita, Toyoda e Azuma (2001).

Tabela 5 - Classificação da variação total da cor de madeiras.

Variação da cor ΔE	Classificação
0,0 - 0,5	Desprezível
0,5 - 1,5	Ligeiramente perceptível
1,5 - 3,0	Notável
3,0 - 6,0	Apreciável
6,0 - 12,0	Muito Appreciável

5.7. ENSAIO DE RUGOSIDADE

Para o ensaio de rugosidade da madeira, utilizou-se um rugosímetro Surftest SJ - 400 (Mitutoyo) (Figura 11), de acordo com a norma JIS B 0601 (JIS, 2001), com *cut-off* de 0,8 mm e percurso de avaliação de 8 mm. Para a realização deste teste, foram feitas 3 leituras em cada corpo de prova. As leituras em cada corpo de prova foram equidistantes, com a utilização de um gabarito, sendo feitas por uma agulha que passava no sentido perpendicular às fibras.

Figura 11 - Rugosímetro Surftest SJ - 400, usado no teste de rugosidade.



Após as leituras, o programa Mitutoyo Surftest desenvolve os gráficos do perfil bidimensional da madeira e calcula os valores dos três parâmetros, R_a (média aritmética dos desvios do perfil da linha média), R_q (raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil) e R_z , (soma da altura média dos cinco picos mais altos e profundidade dos cinco vales mais profundos) demonstrados nas Equações 3, 4 e 5, respectivamente.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad \text{Equação 3}$$

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l Z^2(x) dx} \quad \text{Equação 4}$$

$$R_z = \frac{|Z_{p1}+Z_{p2}+Z_{p3}+Z_{p4}+Z_{p5}|+|Z_{v1}+Z_{v2}+Z_{v3}+Z_{v4}+Z_{v5}|}{5} \quad \text{Equação 5}$$

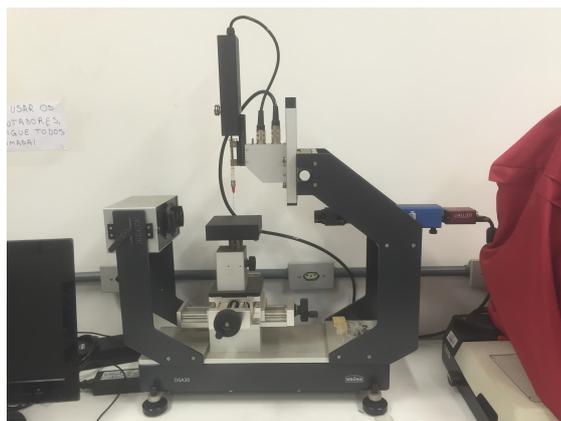
5.8. ENSAIO DE MOLHABILIDADE

Para o ensaio de molhabilidade de superfície da madeira, foi utilizado um goniômetro Krüss DSA30 e software DSA30 (Figura 12). Este teste avalia a diferença de permeabilidade adquirida pela madeira após os intervalos de intemperismo. Dessa forma, foi depositada por uma agulha, três gotas de volume $10\mu\text{L}$, na superfície dos corpos de

prova, em diferentes posições, e o equipamento fez as medições do ângulo da gota a cada segundo, durante 60 segundos.

Para análise dos ângulos de contato obtidos, foram observados os ângulos de contato em dois momentos: a 5 segundos e a 25 segundos, de acordo com a metodologia seguida por Fonte, Carneiro e Muniz (2018) em seu trabalho com madeira de *Cryptomeria japonica*, tratada com diferentes produtos.

Figura 12 - Goniômetro Krüss DSA30, usado no teste de molhabilidade.



5.9. ENSAIO DE ESPECTROMETRIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR)

Para o ensaio de espectrometria no infravermelho médio, utilizou-se um espectrofotômetro no infravermelho médio com transformada de Fourier (FT-IR), da marca Bruker (Figura 13), modelo Tensor 37 acoplado em microcomputador com utilização de software OPUS, com dispositivo de reflectância difusa EasyDiff da marca Pike.

Figura 13 - Espectrofotômetro TENSOR 37, marca Bruker, usado no teste de espectroscopia no infravermelho médio.



Fonte: MESQUITA (2016).

A obtenção dos espectros foi realizada em sala climatizada com ar condicionado e desumidificador para evitar interferências. Em cada amostra, foram feitas três leituras com 64 varreduras, totalizando 192 varreduras, como realizado por Mesquita (2016). Os espectros foram adquiridos em duplicata e importados para o *software* OPUS. Primeiramente, foram feitos os carregamentos dos espectros e, em seguida, a média espectral para cada ciclo de intemperismo de cada tratamento por espécie. Obtendo-se as médias, foi possível realizar a quantificação aproximada das bandas puras de lignina, celulose e carbonilas, componentes que apresentam comportamentos que são muito influenciados pela ação do intemperismo.

Após a normalização dos espectros e correção de bases espectrais, seguindo a metodologia usada por Mesquita (2016), os espectros sofreram integração entre as bandas dos componentes de interesse.

5.10. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos a análise estatística descritiva contendo as médias, desvios padrões e coeficientes de variação.

Os valores obtidos nos ensaios foram submetidos à análise de variância (ANOVA), com o auxílio do programa ASSISTAT 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2002), com a finalidade

de verificar a existência de diferença estatística entre a média dos parâmetros para os tratamentos. Para os dados que diferiram estatisticamente, ou seja, quando o valor de F foi significativo ($\alpha = 0,05$), foi aplicado o teste de médias de Tukey a 5% de significância. Antes da análise de variância, as distribuições entre as médias foram analisadas pelo teste de Shapiro-Wilk a 95% de probabilidade, para verificar a normalidade de suas distribuições.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1. ANÁLISE DE EXTRATIVOS

A tabela 6 mostra os resultados de teor de extrativos obtidos com o solvente alcoólico etanol 96%, para as duas espécies estudadas (cedro - *Cedrela odorata* e freijó - *Cordia goeldiana*), conforme extração descrita no Anexo A.

O composto alcoólico foi o solvente que extraiu a maior quantidade de extrativo para as duas espécies dos solventes analisados no anexo. Para o cedro, foi retirado 6,38% ou 6,38 g/100 g de material seco. Para o freijó, retirou-se 4,83% ou 4,83 g/100 g de material seco (Tabela 6). Segundo estudo de Suárez, Honorato e Herrera (2015), com três diferentes tipos de genótipos de *Cedrela odorata*, foi obtida uma média de extrativos, a partir de madeira do cerne de 5,68%, extraído com etanol benzeno. Este valor é próximo ao encontrado no presente estudo com a mesma espécie, utilizando-se etanol 96%.

Tabela 6 - Percentagem de extrativos extraídos com solvente alcoólico para as duas espécies estudadas.

Espécies	Solvente	Total extraído (g)	Porcentagem de extrativo
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	etanol 96%	1,73	6,38%
<i>Cordia goeldiana</i> (freijó)		1,37	4,83%

Tomando como base a Tabela 6, e os estudos de Silveira (2018) e Pereira e Andrade (1998), o etanol foi substituído pelo metanol, pelas razões descritas na metodologia.

6.2. RETIRADA DE EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO

A Tabela 7 mostra os valores de extração por maceração em metanol para as duas espécies estudadas e a Figura 14 mostra os extrativos no balão de fundo redondo após evaporação do metanol.

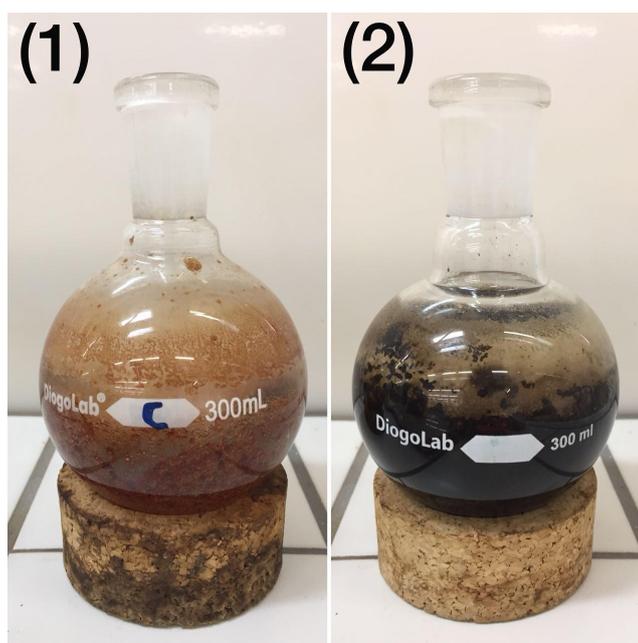
O teor de extrativo retirado pelo método de maceração com metanol foi muito parecido para as duas espécies, de 5,17% para madeira de cedro e 5,46% para madeira de freijó, e foram valores aproximados aos encontrados anteriormente com etanol, como era esperado.

Tabela 7 – Total extraído e porcentagem de extrativo retirado com maceração em metanol.

Espécies	Solvente	Total extraído (g)	Porcentagem de extrativo
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	metanol	7,32	5,17%
<i>Cordia goeldiana</i> (freijó)		9,52	5,46%

Fonte: a autora.

Figura 14 – Balões de fundo redondo com extrativos: de cedro (1); de freijó (2).



Os valores de teor de extrativo retirado com metanol foram valores mais aproximados entre as duas espécies, com diferença menor que 0,3%, comparado com os valores obtidos com etanol, onde a porcentagem de extrativo da madeira de cedro foi quase 1,5% maior que a porcentagem de extrativo da madeira de freijó. Esta aproximação foi um resultado satisfatório para o trabalho, uma vez que se pretendia tratar a mesma quantidade

de amostras na mesma concentração para as duas espécies. Levando em consideração os pontos explanados anteriormente e as vantagens proporcionadas pelo método de extração por maceração com metanol, por ser mais simplificado e acessível, decidiu-se dar sequência ao trabalho utilizando os extrativos retirados com metanol. Assim, os extrativos utilizados no tratamento das amostras (acabamento natural) foram provenientes do método de maceração com metanol.

Algumas madeiras da caatinga utilizando o mesmo método de extração apresentaram valores bastante superiores de teor de extrativo, como o *Pterodon abruptus* com 10,51%, *Terminalia fagifolia* com 13,52%, *Diptychandra aurantiaca* com 7,47% e *Machaerium acutifolium* com 6,66% (SILVEIRA, 2018). No mesmo trabalho, observou-se também que a madeira da espécie *Aspidosperma multiflorum* que apresentou 2,87% de teor de extrativo. Segundo Oliveira et al. (2005), a madeira de cedro (*Cedrela fissilis*) comparada com outras cinco espécies estudadas (candeira, cerejeira, jacarandá-caviúna e duas espécies de eucalipto), apresentaram valores de teor de extrativo retirados com metanol de 4,6%. No trabalho de Wille et al. (2017), a madeira de *Cordia trichotoma* apresentou média de 5,64% de teor de extrativo retirado com etanol, valor aproximado ao de *Cordia goeldiana* (freijó) deste trabalho.

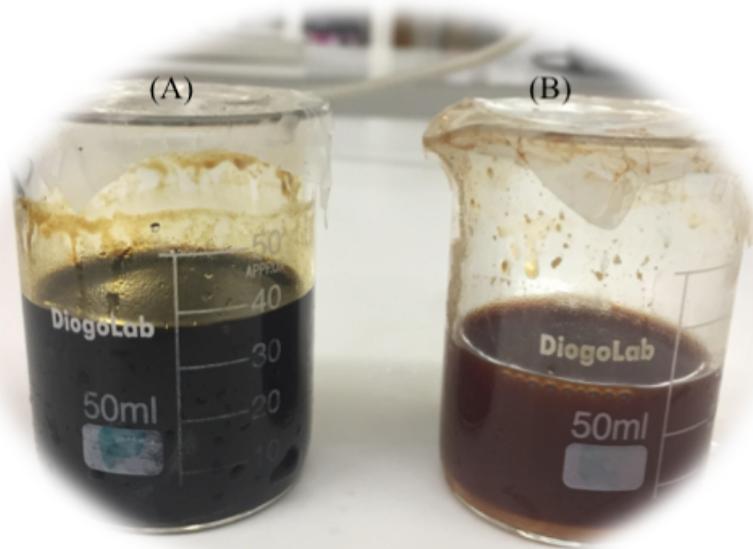
Verificou-se que, dependendo do método de extração utilizado e da espécie em estudo, valores diferentes de extrativos poderão ser obtidos. É importante observar o objetivo do trabalho e determinar o método de extração mais conveniente. Para o caso deste trabalho, o método de maceração com metanol atendeu os objetivos.

6.3. PREPARAÇÃO DA SOLUÇÃO DE EXTRATIVO PARA O ACABAMENTO NATURAL

O extrativo seco e raspado foi colocado em um pequeno becker, e com base no teor total de sólidos em gramas, foi adicionado metanol para obter uma solução final com concentração de 30%.

A solução final está representada pela Figura 15. Foi esta a solução aplicada nas amostras de cada espécie estudada.

Figura 15 – Soluções de extrativo diluído em metanol das madeiras de freijó (A) e de cedro (B), aplicadas no acabamento das madeiras.



6.4. COLORIMETRIA DA MADEIRA

As Tabelas 8 e 9 mostram os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de cedro e freijó, respectivamente, sem tratamento, tratadas com extrativo, com seladora e verniz, para todos os períodos de intemperismo artificial acelerado. Verifica-se que os desvios-padrão são bem homogêneos e reduzidos, mostrando a uniformidade das amostras.

Analisando ambas as tabelas, pode-se afirmar que a coordenada b^* (coloração amarela) apresentou valores superiores aos da coordenada a^* (coloração vermelha) em todos os tratamentos durante quase todos os períodos de intemperismo, demonstrando que a madeira de cedro e de freijó possuem predominância da tonalidade amarela na composição final da cor. No entanto, também é significativa a participação da coordenada a^* na formação da cor de ambas as espécies.

Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro sem tratamento (Testemunha), tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	L*	a*	b*	C	h
Testemunha	T 0h	65,74 a (1,58)	13,45 c (0,38)	25,12 c (0,64)	28,49 c (0,66)	61,84 c (0,67)
	T 12h	55,45 bc (1,60)	16,36 a (0,72)	28,56 a (0,77)	32,92 a (0,99)	60,20 de (0,61)
	T 24h	53,34 de (1,44)	16,41 a (0,60)	28,49 ab (0,71)	32,88 a (0,87)	60,07 e (0,56)
	T 48h	52,69 e (1,51)	15,96 a (0,78)	28,07 ab (1,04)	32,29 ab (1,28)	60,39 de (0,43)
	T 96h	53,10 e (1,16)	14,74 b (0,75)	26,59 bc (0,96)	30,41 bc (1,18)	61,03 cd (0,58)
	T 200h	53,50 cde (0,89)	11,69 d (0,60)	23,15 d (1,14)	25,94 d (1,26)	63,23 b (0,54)
	T 300h	54,08 cde (1,12)	10,71 de (0,78)	21,99 de (1,46)	24,46 de (1,63)	64,05 b (0,61)
	T 400h	55,28 bcd (1,00)	9,69 ef (0,95)	20,83 e (1,91)	22,98 e (2,12)	65,08 a (0,68)
	T 600h	57,08 b (1,99)	9,29 f (1,29)	20,74 e (1,33)	22,73 e (2,63)	65,95 a (1,01)
	Extrativo	T 0h	51,64 c (1,13)	21,45 b (0,50)	32,73 a (0,73)	39,14 a (0,75)
T 12h		45,06 e (0,85)	23,95 a (0,85)	31,56 a (0,67)	39,63 a (0,70)	52,81 g (0,64)
T 24h		44,98 e (1,08)	22,67 a (0,74)	30,15 a (0,50)	37,74 a (0,78)	53,06 fg (0,67)
T 48h		47,41 d (2,06)	20,57 b (1,71)	28,30 b (1,84)	35,00 b (2,47)	54,01 f (0,70)
T 96h		52,83 c (1,63)	15,51 c (0,99)	23,06 de (1,34)	27,79 cd (1,66)	56,07 e (0,41)
T 200h		51,66 c (1,10)	14,77 cd (1,20)	24,87 cd (1,58)	28,93 c (1,95)	59,32 d (0,71)
T 300h		53,11 b (0,71)	12,50 e (1,06)	22,75 ef (1,38)	25,96 de (1,70)	61,24 c (0,74)
T 400h		54,33 b (0,57)	10,68 f (0,58)	21,32 ef (0,90)	23,85 ef (1,03)	63,39 b (0,71)
T 600h		58,30 a (2,18)	9,66 f (0,80)	21,00 f (1,85)	23,12 f (2,00)	65,29 a (0,67)

Cedro	Tempo	L*	a*	b*	C	h
Seladora	T 0h	58,94 a (1,50)	16,66 e (0,49)	30,27 b (0,65)	34,55 c (0,65)	61,17 a (0,83)
	T 12h	50,04 b (1,27)	22,65 d (0,52)	35,15 a (0,79)	41,82 a (0,82)	57,20 b (0,66)
	T 24h	46,18 c (1,68)	24,11 ab (0,65)	33,61 a (1,57)	41,37 a (1,42)	54,31 c (1,30)
	T 48h	41,82 d (1,52)	24,31 a (0,50)	28,61 b (2,28)	37,58 b (1,92)	49,52 d (1,99)
	T 96h	38,56 e (1,41)	24,42 a (0,49)	25,30 c (2,16)	35,20 c (1,82)	45,85 e (2,04)
	T 200h	37,52 e (1,70)	23,92 ab (0,38)	23,80 c (2,10)	33,78 c (1,75)	44,66 e (1,99)
	T 300h	37,52 e (1,39)	24,02 ab (0,42)	24,10 c (1,77)	34,06 c (1,50)	44,94 e (1,70)
	T 400h	37,16 e (1,59)	23,57 bc (0,60)	23,25 c (2,23)	33,16 c (1,95)	44,38 e (2,16)
	T 600h	38,04 e (1,96)	23,10 cd (0,42)	23,77 c (2,07)	33,18 c (1,65)	45,67 e (2,30)
	Verniz	T 0h	56,42 a (1,48)	17,29 c (0,85)	32,04 a (0,77)	36,41 c (1,01)
T 12h		52,17 b (1,11)	20,69 b (0,47)	33,27 a (0,45)	39,19 b (0,36)	58,13 b (0,80)
T 24h		49,35 c (1,06)	22,99 a (0,27)	34,07 a (0,78)	41,11 a (0,64)	55,98 c (0,74)
T 48h		46,90 d (1,05)	22,98 a (0,38)	32,49 a (1,23)	39,80 ab (1,13)	54,70 c (0,91)
T 96h		44,02 e (1,09)	23,40 a (0,54)	30,38 b (1,36)	38,36 b (1,29)	52,36 d (1,05)
T 200h		40,98 f (1,46)	22,92 a (0,53)	27,72 c (1,62)	35,98 c (1,41)	50,36 e (1,56)
T 300h		39,72 fg (1,47)	23,07 a (0,51)	26,94 cd (1,55)	35,48 c (1,32)	49,36 ef (1,56)
T 400h		38,84 g (1,28)	23,12 a (0,54)	26,07 cde (1,45)	34,86 cd (1,22)	48,37 fg (1,59)
T 600h		39,22 fg (1,41)	23,14 a (0,61)	24,47 e (2,08)	33,70 d (1,67)	46,50 g (2,36)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Analisando-se a Tabela 8, verifica-se que para todos os tratamentos, o parâmetro L^* (luminosidade) diminui de valor nas primeiras horas, indicando um escurecimento das amostras, mostrando tendência de aumentar novamente a partir de um certo tempo, dependendo do tipo de tratamento.

As coordenadas a^* e b^* para madeira de cedro sofreram um aumento de valor no início do intemperismo e uma diminuição entre 24 horas e 200 horas, dependendo do tratamento, exceto para o parâmetro b^* em madeiras de cedro tratadas com extrativos. Neste último caso, os valores apenas diminuíram, uma vez que as cores iniciais das amostras tratadas com extrativo já possuíam uma coloração com maior tendência para o amarelado. Ambas as coordenadas para as amostras testemunha e tratada com extrativos chegaram ao fim dos tempos de intemperismo com valores inferiores aos valores observados inicialmente (0h de intemperismo). Já as amostras tratadas com os produtos químicos, apresentaram valores da coordenada a^* no fim do intemperismo superiores aos valores da testemunha, sugerindo que os produtos químicos avermelham a cor da madeira durante o intemperismo. Ao fim do tratamento, as amostras também apresentaram tendência a estabilização.

A variável saturação (C) da cor da madeira de cedro apresentou aumento nas primeiras horas de intemperismo e começo da diminuição entre 24 e 48 horas, além de tendência a estabilização ao final, diretamente relacionado com os parâmetros a^* e b^* , pois, se estes parâmetros diminuem, conseqüentemente a tonalidade também reduz.

O ângulo de tinta (h^*) em todos os tratamentos foi superior a 45° , confirmando o que já havia sido apresentado nos valores de b^* que foram superiores ao de a^* , demonstrando que a madeira de cedro tem tonalidade mais amarelada, exceto nas madeiras tratadas com seladora no intervalo entre 200 e 400 horas, em que os valores de h^* foram próximos a 45° . Desta forma, pode-se afirmar que a seladora, dentre os tratamentos estudados, é o que mais avermelha a cor da madeira de cedro que sofre intemperismo.

Ainda comparando os tratamentos da madeira de cedro, observa-se que os valores dos parâmetros colorimétricos dos tratamentos com seladora e verniz são valores aproximados, apesar da coordenada a^* nas amostras tratadas com verniz alcançarem a estabilidade (estatisticamente) a partir das 24 horas de intemperismo. As amostras de seladora não chegaram a estabilizar, confirmando a constatação anterior de que a seladora deixa a cor da madeira mais vermelha que os demais tratamentos. Os parâmetros das amostras sem tratamento e tratadas somente com metanol (teste branco), apresentadas no

Anexo B, também tem comportamentos similares entre si, demonstrando que o metanol não teve interferência na solução de extrativo deste tratamento.

Os valores de L^* das madeiras tratadas com extrativo, seladora e verniz foram inferiores aos da testemunha, demonstrando que as soluções utilizadas escurecem a cor original da madeira. Já os valores de a^* , b^* e C das madeiras tratadas com extrativo, seladora e verniz foram superiores aos da testemunha, comprovando ainda que esses produtos modificam a tonalidade original da madeira de cedro.

Com o passar do tempo, as madeiras tratadas com extrativo obtiveram valores dos parâmetros colorimétricos similares aos da testemunha. O mesmo não ocorreu com as amostras tratadas com os produtos químicos (seladora e verniz), em que os valores de L^* e h^* ao final das 600 horas foram inferiores ao da testemunha e os demais valores foram superiores, caracterizando madeiras mais escuras e mais avermelhadas que a madeira sem tratamento.

A Tabela 9 mostra os valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de freijó. Observa-se que, para todos os tratamentos, o parâmetro L^* diminui de valor nas primeiras horas e aumenta a partir de um certo tempo, indicando um escurecimento e posterior clareamento das amostras, e ao final há uma tendência a estabilização. A coordenada a^* aumenta com o passar do tempo, e chegando ao final do ensaio de intemperismo, os valores tendem a se estabilizar. Já as amostras tratadas com extrativo apresentam estabilidade para este parâmetro desde o início do processo e as amostras testemunha apresentam acréscimo até 96 horas de ensaio e a partir daí decréscimo dos valores.

Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de freijó sem tratamento (Testemunha), tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	L*	a*	b*	C	h
Testemunha	T 0h	60,36 a (1,12)	7,30 d (0,39)	24,74 b (0,88)	25,80 de (0,92)	73,55 a (0,64)
	T 12h	53,60 b (2,23)	9,77 c (0,31)	28,46 a (1,45)	30,10 ab (1,42)	71,03 b (0,90)
	T 24h	50,42 c (1,83)	10,92 b (0,56)	28,95 a (1,64)	30,94 a (1,70)	69,31 c (0,61)
	T 48h	48,95 cd (2,00)	12,04 a (0,42)	29,40 a (1,40)	31,78 a (1,40)	67,70 d (0,80)
	T 96h	46,34 def (2,54)	12,55 a (0,62)	27,82 a (1,95)	30,52 a (1,93)	65,67 e (0,97)
	T 200h	44,90 ef (1,80)	12,38 a (0,50)	25,23 b (1,45)	28,11 bc (1,46)	63,82 f (0,98)
	T 300h	44,34 f (2,01)	12,26 a (0,84)	23,63 bc (1,74)	26,63 cd (1,86)	62,56 fg (1,14)
	T 400h	45,13 ef (2,40)	12,00 a (0,85)	22,34 cd (0,58)	25,36 de (1,74)	61,74 g (1,00)
	T 600h	47,79 cde (2,11)	10,99 b (0,52)	20,88 d (1,17)	23,61 e (1,16)	62,20 g (1,30)
	Extrativo	T 0h	34,27 a (1,55)	10,54 c (0,62)	12,94 b (2,12)	16,75 b (1,98)
T 12h		31,53 bc (2,15)	10,73 bc (0,99)	13,72 ab (2,57)	17,49 ab (2,47)	51,24 ab (4,00)
T 24h		29,21 cd (1,45)	10,45 c (0,76)	13,14 b (1,89)	16,85 b (1,80)	50,92 ab (3,09)
T 48h		28,92 cd (1,80)	11,02 abc (0,79)	13,87 ab (2,20)	17,76 ab (2,00)	51,01 ab (3,99)
T 96h		27,89 d (1,40)	11,09 abc (0,87)	13,06 b (2,16)	17,17 ab (2,15)	49,08 b (3,12)
T 200h		27,78 d (1,47)	11,68 ab (0,97)	14,55 ab (2,24)	18,68 ab (2,32)	50,83 ab (2,32)
T 300h		27,01 d (1,45)	11,82 ab (0,92)	14,72 ab (2,07)	18,91 ab (2,17)	50,77 ab (2,03)
T 400h		28,29 d (1,53)	12,03 a (0,79)	15,26 ab (1,90)	19,45 ab (1,93)	51,44 ab (2,20)
T 600h		32,15 b (3,47)	11,46 abc (0,97)	15,96 a (0,97)	19,67 a (1,62)	54,19 a (3,19)

Freijó	Tempo	L*	a*	b*	C	h
Seladora	T 0h	51,36 a (1,42)	10,36 g (0,39)	26,49 ab (1,23)	28,45 b (1,20)	68,58 a (0,95)
	T 12h	46,33 b (0,95)	12,57 f (0,33)	27,85 a (1,08)	30,56 a (1,06)	65,67 b (0,74)
	T 24h	43,69 c (1,49)	13,57 e (0,55)	26,51 ab (0,98)	29,79 a (1,04)	62,84 c (0,82)
	T 48h	41,20 d (0,89)	14,68 d (0,42)	25,09 b (1,13)	29,08 ab (1,09)	59,59 d (1,00)
	T 96h	40,28 d (0,91)	15,06 cd (0,75)	23,15 cd (1,78)	27,63 bc (1,86)	56,84 e (1,16)
	T 200h	38,24 e (0,88)	15,73 bc (0,50)	22,54 de (1,20)	27,50 bcd (1,18)	54,98 f (1,16)
	T 300h	37,58 ef (0,77)	16,04 ab (0,47)	21,89 def (0,98)	27,15 cd (1,02)	53,67 fg (0,86)
	T 400h	36,56 f (0,90)	16,69 a (0,49)	20,34 f (1,24)	26,33 cd (1,19)	50,47 h (1,35)
	T 600h	37,79 ef (1,29)	16,16 ab (0,71)	21,01 ef (1,76)	26,52 cd (1,78)	52,31 g (1,43)
	Verniz	T 0h	49,21 a (1,52)	10,02 e (0,50)	26,71 ab (1,12)	28,55 b (1,08)
T 12h		47,43 b (1,43)	11,24 d (0,29)	27,09 a (1,37)	29,34 a (1,32)	67,39 b (0,88)
T 24h		45,68 bc (1,20)	12,00 d (0,29)	26,59 ab (1,31)	29,18 ab (1,29)	65,61 bc (0,76)
T 48h		37,92 d (11,18)	11,54 d (2,31)	23,73 c (2,72)	26,45 c (3,17)	63,52 c (3,41)
T 96h		41,56 cd (1,11)	13,37 c (0,37)	23,22 cd (1,31)	26,80 bc (1,29)	59,96 d (0,90)
T 200h		39,35 d (1,16)	13,89 bc (0,50)	22,22 cde (1,34)	26,21 c (1,35)	57,86 de (1,01)
T 300h		38,37 d (1,08)	14,44 abc (0,44)	22,12 cde (1,30)	26,42 c (1,26)	56,75 e (1,18)
T 400h		37,51 d (1,20)	15,31 a (0,55)	20,99 de (1,60)	26,00 c (1,56)	53,72 f (1,47)
T 600h		37,30 d (1,52)	14,95 ab (0,89)	20,54 e (2,24)	25,41 c (2,31)	53,79 f (1,57)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Os parâmetros b^* e C aumentam no início do ensaio e depois decrescem entre os períodos de 24 e 96 horas, exceto para as amostras tratadas com extrativo que apresentaram comportamento bastante distinto. Para este tratamento os parâmetros b^* e C no início do processo se mostraram estabilizados e a partir das 200 horas aumentaram. Isso se deve ao fato do extrativo aplicado possuir cor bastante escura, com tonalidade forte, provavelmente esta tonalidade foi se perdendo com o processo de intemperismo, tornando a cor cada vez mais amarelada. O ângulo de tinta (h^*) diminuiu em todos os tratamentos, aumentando apenas no último período, confirmando a atuação da coordenada a^* . Exceção feita para o tratamento com extrativo, que novamente apresentou valores estabilizados até 300 horas, a partir das 400 horas os valores aumentaram, confirmando a atuação da coordenada b^* .

A madeira tratada com extrativo, inicialmente, apresentou menores valores de L^* devido a cor muito escura do extrativo. As madeiras tratadas com seladora e verniz apresentaram valores dos parâmetros colorimétricos muito próximos entre eles. No entanto, os valores das variáveis colorimétricas das madeiras tratadas com verniz apresentaram menor diferenciação estatística durante o ensaio de intemperismo.

No trabalho de Silva et al. (2015), com colorimetria da madeira de oito espécies, a madeira de *Cedrela fissilis* apresentou valores de L^* e b^* inferiores aos de *Cedrela odorata* deste trabalho, mas os valores de a^* foram bastante próximos e a predominância da influencia do pigmento b^* é igual em ambos os trabalhos.

No estudo de Gonzalez et al. (2010) sobre o efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó, foram analisadas as mudanças de cor da madeira sem tratamento, tratada com polisten e com seladora. A testemunha, antes do ensaio, apresentou valores aproximados aos valores encontrados no presente trabalho. A madeira tratada com seladora, no estudo destes autores, apresentou valores superiores aos encontrados no presente trabalho, para os parâmetros b^* , C e h^* , e inferiores para o parâmetro de luminosidade. Isso pode ser explicado pela diferença de pigmentação da seladora utilizada no trabalho de Gonzalez et al. (2010) e a utilizada neste trabalho. A predominância do pigmento b^* em relação ao a^* para testemunha e amostras tratadas com seladora foi semelhante em ambos os trabalhos.

As Tabelas 10 e 11 apresentam os valores de variação total de cor (ΔE) de acordo com o tempo de exposição ao intemperismo (0h e 600h) para madeira de cedro e freijó,

respectivamente, sem tratamento, com aplicação de metanol, tratadas com extrativo, seladora e verniz.

Tabela 10 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de cedro sem tratamento, com aplicação de metanol, tratada com extrativo, seladora e verniz.

Cedro	Exposição	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Testemunha	T 0h	10,56	Muito apreciável	Rosa
	T 600h			Rosa-acinzentado
Metanol	T 0h	10,23	Muito apreciável	Rosa
	T 600h			Rosa-acinzentado
Extrativo	T 0h	17,92	Muito apreciável	Amarelo-alaranjado
	T 600h			Rosa-acinzentado
Seladora	T 0h	22,82	Muito apreciável	Amarelo-amarronzado
	T 600h			Vermelho
Verniz	T 0h	19,68	Muito apreciável	Amarelo-alaranjado
	T 600h			Vermelho

T0h - Tempo inicial do experimento de intemperismo acelerado, T600h - Tempo final do experimento de intemperismo acelerado. (*) = Classificação da variação da cor proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001) baseada em níveis de percepção. (**) = Cor da madeira, segundo classificação proposta por Camargos e González (2001).

Tabela 11 - Variação total da cor (ΔE) para madeira de freijó sem tratamento, com aplicação de metanol, tratada com extrativo, seladora e verniz.

Freijó	Exposição	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Testemunha	T 0h	13,66	Muito apreciável	Oliva-amarelado
	T 600h			Marrom-claro
Metanol	T 0h	10,23	Muito apreciável	Oliva-amarelado
	T 600h			Marrom-claro
Extrativo	T 0h	3,8	Apreciável	Marrom-arroxeadado
	T 600h			Marrom-escuro
Seladora	T 0h	15,74	Muito apreciável	Marrom-oliva
	T 600h			Vermelho
Verniz	T 0h	14,29	Muito apreciável	Marrom-oliva
	T 600h			Marrom-avermelhado

T0h - Tempo inicial do experimento de intemperismo acelerado, T600h - Tempo final do experimento de intemperismo acelerado. (*) = Classificação da variação da cor proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001) baseada em níveis de percepção. (**) = Cor da madeira, segundo classificação proposta por Camargos e González (2001).

As amostras com aplicação de metanol para ambas as espécies, apresentaram pequenas diferenças nas variáveis colorimétricas (Tabela 1B e 2B no Anexo B), mas,

quando essas variáveis foram analisadas juntas (L^* , a^* e b^*), Tabelas 10 e 11, não houve diferença na cor final das espécies. Isso mostra que o metanol presente na solução de extrativo (tratamento extrativo), não influenciou na cor da madeira.

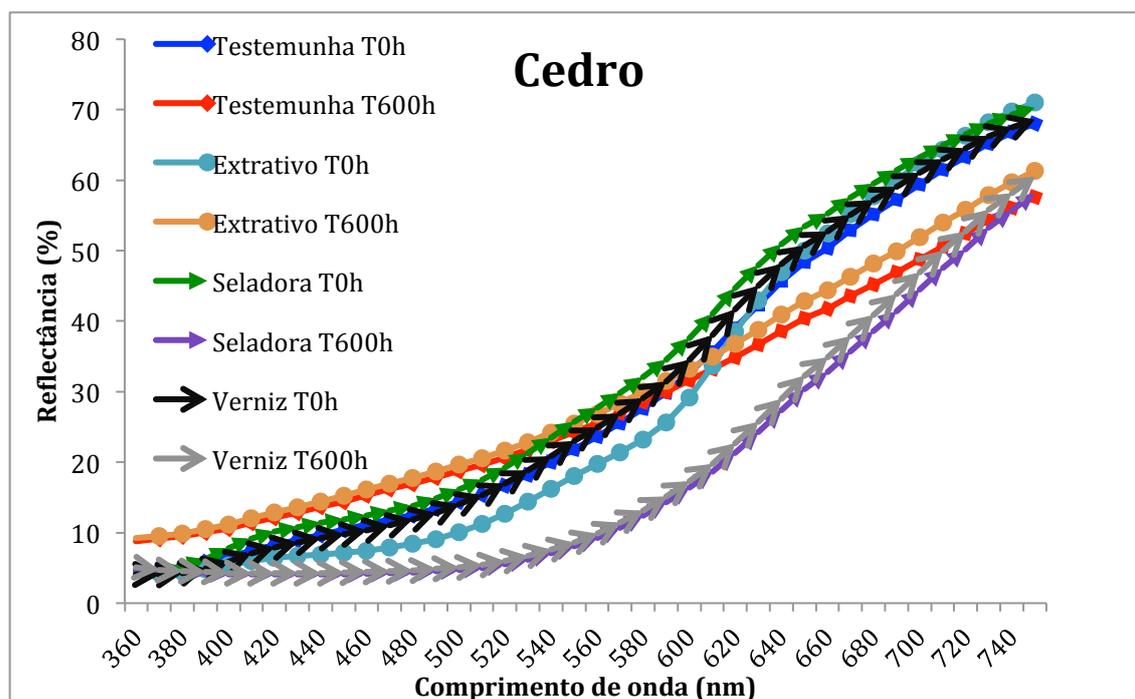
A madeira de cedro sem tratamento, antes do ensaio de intemperismo artificial acelerado, foi classificada como rosa. A aplicação de extrativo e verniz alterou a cor para amarelo-alaranjado e a aplicação de seladora alterou para amarelo-amarronzado. Após o intemperismo, houve alteração da cor inicial de todos os tratamentos de forma muito apreciável, segundo a classificação da variação de cor proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2010).

Utilizando a Tabela 11, observa-se que a madeira de freijó sem tratamento antes do intemperismo foi classificada como oliva-amarelado. A aplicação de extrativo alterou a cor da madeira que se tornou marrom-arroxado e, após a aplicação da seladora e do verniz, passou a ser classificada como marrom-oliva.

Posteriormente ao ensaio de intemperismo acelerado, as madeiras de todos os tratamentos sofreram alteração na cor inicial mas, entre os tratamentos, a aplicação com extrativo foi a que apresentou menor valor de variação total da cor.

As Figuras 16 e 17 apresentam as curvas de reflectância da madeira de cedro e freijó, respectivamente, sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz, antes e após o intemperismo artificial acelerado.

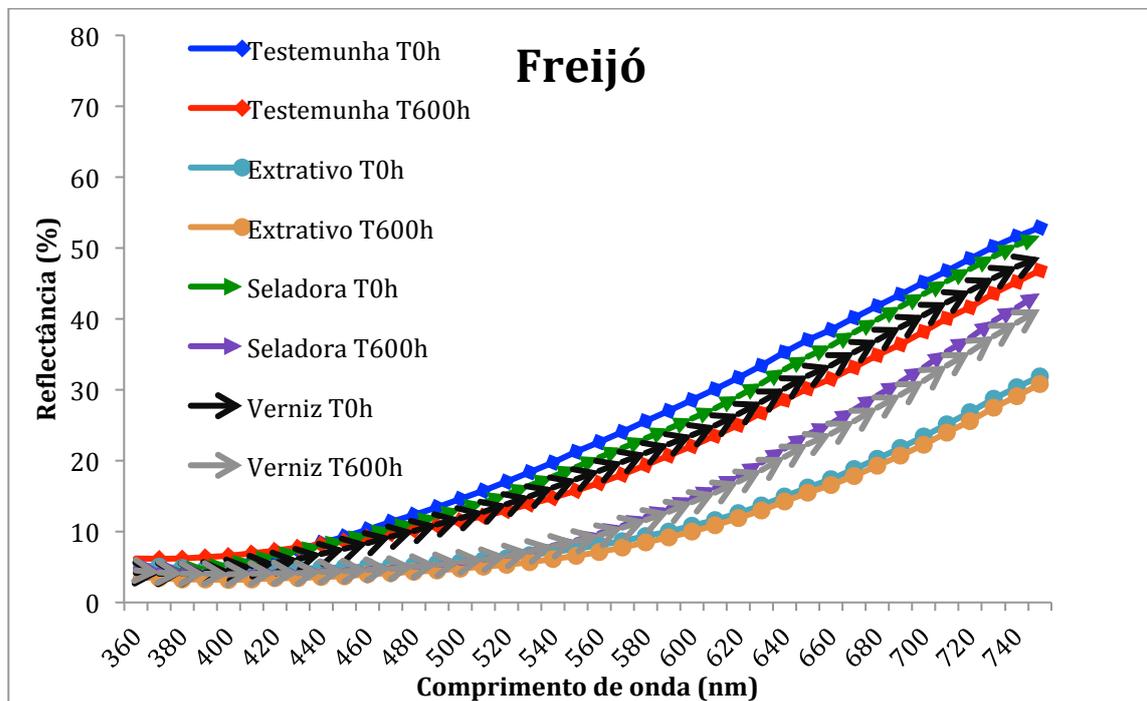
Figura 16 - Curvas de reflectância da madeira de cedro sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz antes e ao final do intemperismo acelerado.



Observando-se a Figura 16, verifica-se que cada tratamento tem um posicionamento diferente da curva (assinatura espectral de cada tratamento). Como mostrados nas Tabelas 10 e 11, percebe-se que todas as amostras, depois do processo de intemperismo, refletem menos luz do que antes do processo, nos comprimentos de onda maiores, onde situam-se as cores amarela, vermelha e laranja, correspondendo as cores das madeiras estudadas.

As amostras da testemunha e tratadas com extrativo, nos menores comprimentos de onda, refletiram menos luz antes do intemperismo e mais luz após. As amostras que menos refletiram luz em quase todos os comprimentos de onda foram as tratadas com verniz e seladora após o intemperismo.

Figura 17 - Curvas de reflectância da madeira de freijó sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz antes e ao final do intemperismo acelerado.



Para a madeira de freijó, a amostra que mais refletiu a luz foi a testemunha antes do ensaio de intemperismo e a que menos refletiu foi a tratada com extrativo antes e após o intemperismo. Este comportamento já era esperado devido a cor da solução de extrativo ser bem mais escura que as demais. As duas curvas da madeira tratada com extrativo (antes e após sofrer intemperismo) estão muito próximas, demonstrando mínima diferença de reflectância desta amostra causada pelo processo de intemperismo, confirmando os resultados das Tabelas 10 e 11 para a espécie.

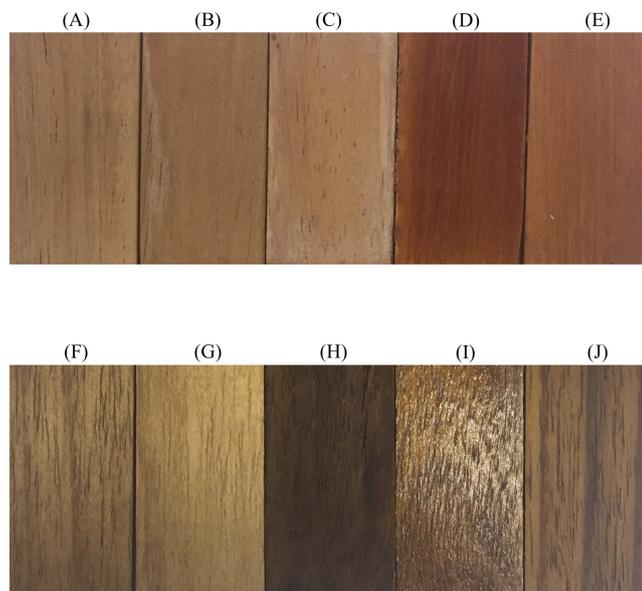
As Figuras 18, 19 e 20 exemplificam o aspecto visual da superfície das amostras de cedro (amostras na parte superior das Figuras, de (A) a (E)) e freijó (amostras na parte inferior das Figuras, de (F) a (J)), sem tratamento, com aplicação de metanol, extrativo, seladora e verniz antes de serem submetidas ao intemperismo, na metade do ensaio, ou seja, após 300 horas de intemperismo e ao final, com 600 horas de intemperismo.

Figura 18 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) antes de serem submetidas a exposição ao intemperismo acelerado.



Legenda: (A) e (F) são madeiras sem tratamento, (B) e (G) são madeiras com aplicação de metanol, (C) e (H) são madeiras tratadas com extrativo, (D) e (I) são madeiras tratadas com seladora e (E) e (J) são madeiras tratadas com verniz.

Figura 19 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) após 300 horas de exposição ao intemperismo acelerado.



Legenda: (A) e (F) são madeiras sem tratamento, (B) e (G) são madeiras com aplicação de metanol, (C) e (H) são madeiras tratadas com extrativo, (D) e (I) são madeiras tratadas com seladora e (E) e (J) são madeiras tratadas com verniz.

Figura 20 - Superfícies das madeiras de cedro (superior) e freijó (inferior) ao fim das 600 horas de exposição ao intemperismo acelerado.



Legenda: (A) e (F) são madeiras sem tratamento, (B) e (G) são madeiras com aplicação de metanol, (C) e (H) são madeiras tratadas com extrativo, (D) e (I) são madeiras tratadas com seladora e (E) e (J) são madeiras tratadas com verniz.

Visualmente é possível perceber as mudanças de luminosidade, tonalidade e saturação que a exposição ao intemperismo causou. As amostras de cedro sem tratamento, com aplicação de metanol e tratadas com extrativo, foram adquirindo manchas esbranquiçadas que aumentaram com o tempo de exposição e as amostras de freijó sem tratamento e com aplicação de metanol foram escurecendo suas manchas. Estas alterações podem ter sido causadas pela ação da radiação ultravioleta, por ser uma ação muito severa durante o intemperismo acelerado.

O tratamento da superfície com seladora e verniz, para ambas as espécies, tornou as amostras cada vez mais escuras. Já as amostras de freijó tratadas com extrativo, apesar de sua cor natural ter modificado bastante após a aplicação do produto de extrativo, foram as que menos mudaram de cor durante o processo de intemperismo.

6.5. RUGOSIDADE DA MADEIRA

As Tabelas 12 e 13 apresentam os valores médios dos parâmetros de rugosidade para a madeira de cedro e freijó, respectivamente, sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz durante os intervalos de intemperismo acelerado.

Tabela 12 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Testemunha	T 0h	4,82 b (0,57)	27,35 b (2,58)	6,02 b (0,67)
	T 12h	10,68 a (0,85)	56,91 a (4,36)	13,43 a (1,03)
	T 24h	10,97 a (1,81)	57,09 a (7,17)	13,67 a (2,20)
	T 48h	11,35 a (1,35)	59,11 a (5,19)	14,11 a (1,55)
	T 96h	11,42 a (1,13)	60,28 a (5,27)	14,32 a (1,20)
	T 200h	10,97 a (1,34)	55,07 a5,83)	13,45 a (1,61)
	T 300h	11,72 a (1,72)	61,49 a (6,87)	14,58 a (1,95)
	T 400h	11,90 a (1,12)	61,56 a (5,38)	14,80 a (1,34)
	T 600h	13,35 a (1,35)	66,31 a (6,53)	16,46 a (1,66)
	Extrativo	T 0h	6,21 b (0,58)	33,63 c (3,04)
T 12h		8,77 ab (1,65)	46,35 bc (6,70)	10,88 ab (2,04)
T 24h		9,88 a (1,25)	52,49 ab (6,99)	12,34 a (1,70)
T 48h		9,96 a (1,08)	52,22 ab (4,18)	12,39 a (1,24)
T 96h		9,54 a (0,75)	49,93 ab (3,40)	11,95 a (1,00)
T 200h		9,88 a (1,09)	52,13 ab (6,12)	12,39 a (1,48)
T 300h		9,76 a (1,62)	52,64 ab (8,14)	12,24 a (2,05)
T 400h		10,09 a (1,42)	53,77 ab (8,20)	12,54 a (1,93)
T 600h		11,23 a (1,58)	61,17 a (8,82)	14,20 a (2,03)

Cedro	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Seladora	T 0h	1,58 d (0,20)	7,95 d (1,30)	2,07 d (0,31)
	T 12h	2,66 cd (0,75)	13,43 cd (3,30)	3,45 cd (0,96)
	T 24h	3,30 bc (0,88)	14,17 bcd (3,03)	4,05 bcd (1,02)
	T 48h	2,84 cd (0,63)	12,71 cd (3,51)	3,55 cd (0,86)
	T 96h	2,86 cd (0,47)	13,79 cd (1,15)	3,62 cd (0,56)
	T 200h	3,33 bc (0,86)	15,72 bcd (4,57)	4,19 bc (1,10)
	T 300h	3,77 bc (0,64)	20,29 bc (6,49)	4,93 bc (0,88)
	T 400h	4,44 b (0,67)	24,51 b (8,63)	5,86 b (1,15)
Verniz	T 600h	6,09 a (0,98)	36,63 a (7,50)	8,29 a (1,40)
	T 0h	1,36 b (0,19)	7,61 b (1,42)	1,76 b (0,32)
	T 12h	1,39 b (0,25)	7,73 b (1,06)	1,77 b (0,30)
	T 24h	1,97 ab (0,34)	10,51 b (2,10)	2,53 b (0,45)
	T 48h	1,77 b (0,30)	9,61 b (2,29)	2,28 b (0,42)
	T 96h	1,74 b (0,16)	8,83 b (1,20)	2,18 b (0,28)
	T 200h	1,57 b (0,31)	8,02 b (1,53)	1,94 b (0,40)
	T 300h	1,52 b (0,16)	8,98 b (1,12)	1,91 b (0,20)
T 400h	1,61 b (0,25)	11,10 b (2,40)	2,08 b (0,31)	
T 600h	2,52 a (0,51)	20,12 a (4,21)	3,51 a (0,73)	

Ra: média aritmética dos desvios do perfil da linha média, Rq: raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil, Rz: soma da altura média dos cinco picos mais altos e profundidade dos cinco vales mais profundos. T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Analisando a Tabela 12, pode-se verificar que os desvios-padrão são baixos e bem homogêneos, mostrando a uniformidade das amostras e dos tratamentos. Também se observa que houve aumento dos valores dos parâmetros Ra, Rz e Rq do tempo zero até as 600 horas, comprovando assim o aumento da rugosidade da superfície da madeira de cedro com o passar das horas.

A madeira de cedro somente com o metanol (Tabela 3B do Anexo B), mostrou valores dos parâmetros similares ao da madeira sem tratamento (isto mostra a não influencia do metanol), sofrendo variações significativas a partir das 300 horas. Este aumento da rugosidade a partir de 300 horas de intemperismo, provavelmente foi devido ao intemperismo natural da madeira, e não ao efeito do metanol, pois como o metanol é um solvente bastante volátil, neste tempo de intemperismo ele já havia evaporado.

A madeira de cedro sem tratamento, por sua vez, evidenciou variação significativa dos parâmetros Ra, Rz e Rq a partir das 12 horas de intemperismo acelerado. Houve um incremento constante, mas não diferente estatisticamente, a partir deste intervalo. Os valores dos parâmetros de rugosidade da madeira tratada com extrativo apresentaram variação significativa a partir das 12 horas de ensaio, com incremento constante.

Já a madeira tratada com seladora apresentou aumento constante dos valores dos parâmetros, com diferença estatística a partir das 12 horas. A tratada com verniz, apresentou diferença estatística dos parâmetros apenas no último período de intemperismo, ou seja, 600 horas.

A madeira de cedro apresenta em todos os parâmetros (Ra, Rz e Rq), valores similares nas amostras sem tratamento e tratada com extrativo antes da exposição ao intemperismo acelerado. A partir das 12 horas, as amostras tratadas com extrativo apresentaram valores ligeiramente inferiores aos da testemunha até o final da exposição.

Para o cedro tratado com seladora e verniz, os valores dos parâmetro são bastante inferiores aos demais, e dentre os dois, os valores de madeira tratada com verniz são os menores e os que sofrem menores variações com o tempo.

Analisando a Tabela 13, observa-se comportamento similar da madeira testemunha de freijó à de cedro em relação a rugosidade das amostras, isto é, um aumento da rugosidade com o passar do tempo de intemperismo acelerado.

Tabela 13 - Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de freijó sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Testemunha	T 0h	9,31 c (2,81)	53,83 b (13,65)	12,08 b (3,40)
	T 12h	10,92 bc (2,32)	62,89 ab (11,27)	14,14 b (2,86)
	T 24h	11,08 bc (1,71)	60,47 ab (9,40)	14,08 b (2,25)
	T 48h	11,32 bc (1,55)	63,03 ab (8,79)	14,57 ab (2,16)
	T 96h	11,15 bc (0,99)	61,81 ab (5,88)	14,29 b (1,41)
	T 200h	11,86 abc (1,81)	63,78 ab (9,30)	14,99 ab (2,33)
	T 300h	12,69 abc (2,73)	67,74 ab (11,81)	15,87 ab (3,22)
	T 400h	14,02 ab (2,72)	72,23 ab (10,41)	17,28 ab (3,22)
	T 600h	16,29 a (2,06)	80,06 a (6,94)	20,01 a (2,25)
	Extrativo	T 0h	10,15 a (1,74)	55,32 a (4,34)
T 12h		12,01 a (2,05)	65,15 a (10,62)	15,20 a (2,65)
T 24h		11,51 a (2,19)	63,68 a (10,64)	14,76 a (2,62)
T 48h		11,43 a (2,17)	61,71 a (11,43)	14,44 a (2,76)
T 96h		10,61 a (2,13)	59,83 a (11,10)	13,51 a (2,63)
T 200h		12,31 a (1,67)	68,07 a (6,13)	15,88 a (1,66)
T 300h		11,03 a (1,77)	60,49 a (6,83)	14,03 a (2,09)
T 400h		10,91 a (2,25)	59,99 a (12,15)	13,91 a (2,99)
T 600h		11,07 a (2,51)	60,82 a (15,69)	14,06 a (3,44)

Freijó	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Seladora	T 0h	5,99 a (1,10)	29,45 a (4,84)	7,64 a (1,28)
	T 12h	5,77 a (1,36)	29,39 a (3,79)	7,43 a (1,45)
	T 24h	6,39 a (2,06)	31,14 a (10,76)	8,22 a (2,71)
	T 48h	6,22 a (1,67)	30,53 a (8,55)	7,87 a (2,13)
	T 96h	6,22 a (1,77)	31,28 a (8,16)	8,11 a (2,20)
	T 200h	6,00 a (1,43)	30,27 a (7,62)	7,92 a (1,90)
	T 300h	6,40 a (1,57)	33,01 a (9,97)	8,23 a (2,17)
	T 400h	6,61 a (1,43)	33,25 a (6,96)	8,37 a (1,75)
	T 600h	6,92 a (1,90)	33,23 a (8,62)	8,80 a (2,43)
	Verniz	T 0h	2,86 a (0,93)	16,27 a (5,45)
T 12h		3,01 a (0,79)	17,12 a (5,14)	4,05 a (1,18)
T 24h		3,12 a (0,96)	18,03 a (4,93)	4,19 a (1,32)
T 48h		2,91 a (0,86)	16,59 a (5,28)	3,87 a (1,24)
T 96h		3,01 a (0,65)	17,28 a (3,54)	4,00 a (0,93)
T 200h		2,82 a (0,42)	16,27 a (3,03)	3,72 a (0,65)
T 300h		3,66 a (1,35)	21,94 a (9,03)	4,99 a (2,11)
T 400h		3,40 a (1,16)	19,20 a (6,48)	4,53 a (1,63)
T 600h		2,95 a (0,82)	16,11 a (4,63)	3,81 a (1,13)

Ra: média aritmética dos desvios do perfil da linha média, Rq: raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos desvios do perfil, Rz: soma da altura média dos cinco picos mais altos e profundidade dos cinco vales mais profundos. T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

A testemunha de freijó evidenciou diferença significativa a partir das 12 horas. Igualmente à madeira de cedro, o freijó tratado com metanol apresentou valores similares ao da testemunha (Tabela 4B do Anexo B), mostrando diferenças significativas a partir de 200 horas. É válida a mesma explicação anterior dada a madeira de cedro para justificar a não interferência do metanol no processo.

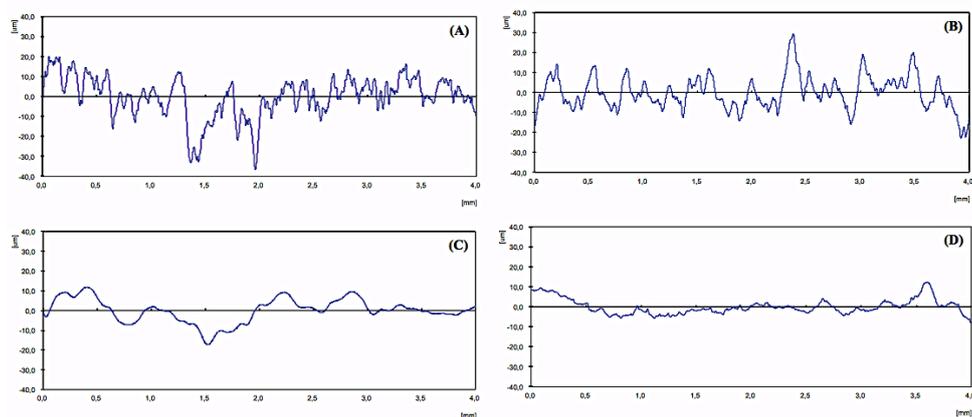
As amostras tratadas com extrativo, seladora e verniz, apresentaram valores dos parâmetros Ra, Rz e Rq oscilantes, apresentando picos e vales em relação a linha média da rugosidade (Ra), durante os intervalos de intemperismo acelerado, mas não havendo diferenças significativas entre os valores dos três tratamentos durante todos os períodos de intemperismos estudados.

Para a madeira de freijó, observa-se que todos os parâmetros (Ra, Rz e Rq) da madeira sem tratamento possuem valores superiores durante todo o processo de intemperismo acelerado comparada com os tratamentos. Assim como ocorre para a madeira de cedro, para a madeira de freijó os menores valores dos parâmetros de rugosidade são de madeiras tratadas com verniz, seguidas das madeiras tratadas com seladora.

As amostras de freijó tratadas com extrativo apresentaram valores similares as madeiras não tratadas até o tempo 200h. A partir daí, as amostras tratadas com extrativo se mantiveram com valores constantes nos três parâmetros de rugosidade, enquanto as amostras sem tratamento continuaram com valores crescentes, indicando melhor proteção das amostras tratadas com extrativo.

As Figuras 21 e 22 mostram os perfis do parâmetro Ra (média aritmética dos desvios do perfil da linha média) das superfícies da madeira de cedro e freijó, respectivamente. As duas figuras mostram o perfil de rugosidade da madeira não tratada (A), tratada com extrativo (B), seladora (C) e verniz (D).

Figura 21 - Perfil da rugosidade (Ra) na madeira de cedro conforme tratamentos aplicados, na mesma escala.

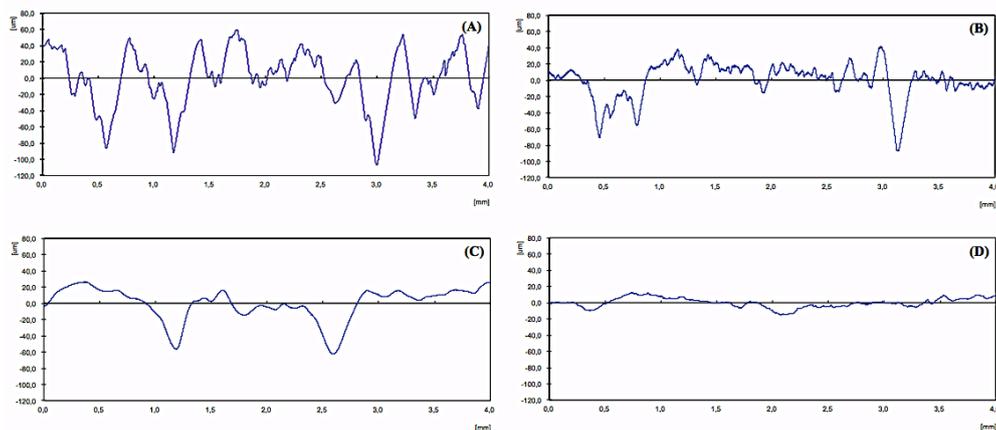


Legenda: (A) sem tratamento, (B) tratada com extrativo, (C) seladora e (D) verniz.

Analisando a Figura 21, nota-se que as amostras de cedro tratadas com extrativos apresentam menores distâncias entre as alturas dos picos e das profundidades dos vales quando comparadas com as madeiras não tratadas. A diferença entre picos e vales é menor nas madeiras tratadas com seladora e diminui mais nas madeiras tratadas com verniz (Figura 21 (D)).

A Figura 22, madeira de freijó, mostra perfis da rugosidade, semelhante a de cedro, também apontando para o melhor comportamento da rugosidade para o tratamento com verniz.

Figura 22 - Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de freijó conforme tratamentos aplicados, na mesma escala..



Legenda: (A) sem tratamento, (B) tratada com extrativo, (C) seladora e (D) verniz.

Ainda com relação às Figuras 21 e 22 (cedro e freijó), verifica-se que o extrativo foi menos eficiente em preencher obstruções contidas na superfície das madeiras que a seladora, e da mesma forma a seladora é menos eficiente que o verniz. Isso se deve também pela viscosidade dos produtos, uma vez que a solução de extrativo é menos viscosa do que a seladora e o verniz. Já o verniz marítimo é o produto mais viscoso, formando uma película mais grossa na superfície da madeira, levando a superfícies mais lisas.

No trabalho de Mesquita (2016), os valores de rugosidade de *Micropholis* sp. e *Couratari* sp. apresentados foram aproximados aos valores encontrados para madeira de cedro, e inferiores aos valores encontrados para madeira de freijó. O estudo de Teles, Costa e Souza (2016) sobre a influência do tratamento preservativo na rugosidade da madeira do cumaru, marupá e tauari apresentou valores de R_a e R_z muito próximos aos encontrados para o cedro, mas também inferiores aos valores de freijó.

Pereira et al. (2017), estudando madeira de *Ficus* sp., encontraram a média aritmética dos desvios do perfil (R_a) para testemunha igual a 8,94 μm , superior ao encontrado no presente trabalho para as testemunhas da madeira de cedro e similar ao de madeira de freijó, antes do intemperismo. Após aplicação de stain, o valor de R_a diminuiu 27%, próximo ao valor encontrado para madeira de cedro tratada com extrativo, e superior aos valores de R_a para os tratamentos com produtos químicos em ambas as espécies, antes da exposição ao intemperismo.

6.6. MOLHABILIDADE DA MADEIRA

As Tabelas 14 e 15 apresentam os valores médios dos ângulos de contato de gota séssil para a madeira de cedro e freijó, respectivamente, sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz, durante os intervalos de intemperismo acelerado. Verifica-se que os desvios-padrão para esta análise são maiores que os das demais análises, pois a análise de deposição de gota é mais variável e sensível.

A análise da permeabilidade de um material é difícil de ser quantificada, pois seu ensaio é facilmente modificado por pequenos fatores e circunstâncias (modo como a gota foi depositada, rugosidade da superfície do material). Desta forma, a metodologia utilizada por Fonte, Carneiro e Munis (2018) foi a escolhida para o presente estudo, uma vez que é dificilmente manipulada, pois não utiliza médias, que no caso da molhabilidade pode

alterar os dados de superfícies muito permeáveis. Nesta metodologia, coleta-se dois ângulos de contato, a 5 segundos após a deposição da gota, caracterizando o valor do ângulo no momento em que a gota foi depositada, obtendo-se valores maiores, e a 25 segundos após a deposição, momento em que a gota já está acomodada na superfície e muitas vezes já atingiu a estabilização, obtendo-se valores menores.

Analisando a Tabela 14, observa-se que a madeira de cedro sem tratamento, antes de ser submetida ao processo de intemperismo, continha uma superfície bastante permeável, obtendo valor de ângulo de contato menor que 70°. Esse valor aumenta a partir das 12 horas para maior que 80°, diminuindo a partir das 200 horas para valores ainda inferiores aos encontrados antes do intemperismo, aumentando novamente nas 300 horas e diminuindo nas 400 e 600 horas para valores bem inferiores.

Tabela 14 - Valores médios dos ângulos de contato de gota séssil para madeira de cedro sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
	T 0h	64,17 ab (35,62)	27,25 bc (23,48)
	T 12h	94,30 ab (7,45)	64,51 ab (11,10)
	T 24h	94,24 ab (2,09)	69,16 ab (13,76)
	T 48h	99,25 a (3,10)	98,08 a (4,56)
Testemunha	T 96h	80,87 ab (11,02)	42,39 bc (31,27)
	T 200h	60,60 abc (25,24)	29,96 bc (30,10)
	T 300h	81,14 ab (14,35)	56,63 ab (18,92)
	T 400h	56,02 bc (28,83)	39,98 bc (27,05)
	T 600h	22,35 c (9,57)	0,00 c (0,00)

Cedro	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Extrativo	T 0h	83,51 a (3,11)	77,63 a (3,42)
	T 12h	77,64 ab (2,58)	62,27 ab (2,55)
	T 24h	72,15 ab (6,56)	57,65 ab (7,29)
	T 48h	86,05 a (7,16)	69,95 ab (9,30)
	T 96h	75,15 ab (3,11)	59,52 ab (5,99)
	T 200h	65,72 b (12,00)	24,20 c (19,94)
	T 300h	85,67 a (11,59)	65,95 ab (9,45)
	T 400h	71,09 ab (6,58)	50,87 b (8,70)
	T 600h	34,05 c (6,64)	14,25 c (12,64)
	Seladora	T 0h	93,41 a (6,94)
T 12h		69,52 bc (8,69)	66,97 bcd (9,93)
T 24h		77,36 bc (5,29)	77,11 bc (3,48)
T 48h		79,62 b (3,80)	80,40 ab (5,71)
T 96h		73,25 bc (3,84)	72,03 bcd (4,62)
T 200h		72,07 bc (7,46)	72,50 bcd (8,86)
T 300h		72,42 bc (4,79)	69,66 bcd (6,31)
T 400h		65,21 c (6,89)	62,69 d (5,75)
T 600h		69,75 bc (4,95)	66,64 cd (6,08)

Cedro	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Verniz	T 0h	93,85 a (6,11)	94,31 a (6,80)
	T 12h	75,98 b (8,26)	72,88 bc (10,32)
	T 24h	79,05 b (6,03)	79,15 ab (6,65)
	T 48h	82,55 ab (4,48)	81,85 ab (4,06)
	T 96h	71,05 bc (7,15)	68,25 bc (9,16)
	T 200h	77,24 b (9,15)	75,75 bc (7,68)
	T 300h	61,58 c (7,72)	58,13 c (6,82)
	T 400h	61,26 c (7,61)	58,63 c (10,05)
	T 600h	45,62 d (2,23)	32,80 d (13,25)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

As amostras de cedro tratadas com extrativo apresentaram valores oscilantes, mas com valores aceitáveis em função das condições dos tratamentos, variando entre 65° e 85° nos primeiros 5 segundos, e entre 57° a 77° a 25 segundos até 96 horas de intemperismo. Quando são atingidas as 200 horas, estes valores diminuem para 65° e 25°, e voltam a subir nas 300 e 400 horas. Quando chega às 600 horas o valor do ângulo de contato atinge o seu menor valor, ficando com 34° aos 5 segundos e 14° aos 25 segundos.

Já as amostras tratadas com seladora apresentaram valores com tendência a uma certa constância durante todo o processo. As amostras tratadas com verniz obtiveram valores decrescentes com queda brusca de valor nas 600 horas. Esta queda de valor para as madeiras tratadas com verniz não implica no aumento da permeabilidade da amostra, pois o verniz é o produto que depositou maior camada na superfície da madeira. Isto pode ser explicado pela relação entre rugosidade e permeabilidade, uma vez que a madeira tratada com verniz foi a que apresentou menor rugosidade. Assim, com o passar do tempo de

intemperismo, esta superfície de verniz foi se tornando cada vez mais gasta, de forma que, no momento em que a gota foi depositada ela “escorregou” para os lados, não por estar sendo absorvida, mas porque a superfície é muito lisa.

A aplicação de extrativo provocou uma leve melhora no desempenho da madeira, porém, com o passar do tempo de intemperismo, a madeira teve comportamento semelhante ao da madeira natural, provavelmente porque o produto de extrativo foi lixiviado pelo intemperismo. As madeiras tratadas com seladora e verniz apresentaram comportamentos superiores aos demais tratamentos, como já era de se esperar, por formarem uma película impermeável na superfície das amostras. Não houve grande diferença entre estes dois tratamentos.

Analisando a Tabela 15, a madeira de freijó sem tratamento se comportou como a madeira de cedro sem tratamento, com aumento de ângulo e diminuição a 200 horas e a 600 horas.

Tabela 15 - Valores médios dos ângulos de contato de gota séssil com madeira de freijó sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
	T 0h	79,68 cd (9,07)	71,28 bcd (14,44)
	T 12h	100,89 ab (9,30)	92,40 a (9,82)
	T 24h	104,73 a (6,28)	101,61 a (9,67)
	T 48h	109,21 a (6,27)	102,83 a (6,17)
Testemunha	T 96h	100,79 ab (6,22)	89,55 ab (10,12)
	T 200h	84,91 bcd (4,96)	68,99 cd (8,01)
	T 300h	94,03 abc (5,91)	87,99 abc (7,13)
	T 400h	74,69 d (11,36)	63,93 d (6,06)
	T 600h	23,47 e (15,40)	12,58 e (12,95)

Freijó	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Extrativo	T 0h	73,72 c (3,27)	65,26 de (1,55)
	T 12h	81,30 bc (6,70)	73,05 cd (5,40)
	T 24h	94,11 ab (4,40)	88,40 bc (10,15)
	T 48h	101,77 a (4,51)	98,80 ab (3,80)
	T 96h	101,53 a (6,70)	97,25 ab (2,68)
	T 200h	99,86 a (9,25)	90,39 b (9,42)
	T 300h	105,93 a (4,54)	107,93 a (11,63)
	T 400h	99,47 a (5,42)	90,85 b (10,28)
	T 600h	69,06 c (8,64)	54,45 e (8,89)
	Seladora	T 0h	98,17 a (4,09)
T 12h		77,58 bc (6,66)	75,44 bcd (8,18)
T 24h		84,37 b (4,65)	79,70 abc (6,82)
T 48h		82,18 b (1,12)	81,84 ab (1,00)
T 96h		74,30 bcd (5,19)	72,24 bcde (5,14)
T 200h		68,01 cd (10,56)	66,50 cde (9,99)
T 300h		65,39 cd (9,51)	64,57 de (7,99)
T 400h		68,02 cd (3,75)	67,67 cde (2,78)
T 600h		62,08 d (5,22)	59,97 e (5,38)

Freijó	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Verniz	T 0h	98,94 a (1,47)	100,70 a (2,00)
	T 12h	81,35 bc (3,15)	80,45 bc (2,75)
	T 24h	85,92 ab (3,94)	85,93 ab (1,95)
	T 48h	86,55 ab (3,95)	86,05 ab (4,50)
	T 96h	82,59 bc (5,51)	79,69 bc (3,62)
	T 200h	74,49 bc (13,90)	71,16 bc (17,70)
	T 300h	67,18 c (14,83)	61,70 cd (19,33)
	T 400h	67,32 c (4,33)	64,90 cd (5,44)
	T 600h	50,22 d (1,86)	48,86 d (1,98)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

O padrão observado nas amostras testemunhas e tratadas com extrativo em ambas as espécies, a 200 horas de intemperismo, pode ser explicado pela última etapa do ciclo de intemperismo que as amostras sofreram antes de serem medidas pelo goniômetro. Muito provavelmente a 200 horas de intemperismo, a última etapa do ciclo foi o de condensação ou spray, etapas que deixam a superfície da madeira mais permeável, mesmo ela sendo seca antes de serem realizados os ensaios de molhabilidade. Já a etapa de radiação UV sela a superfície das madeiras, aumentando sua impermeabilidade, comportamento que foi identificado a 300 horas de intemperismo (Tabelas 14 e 15).

As amostras de freijó tratadas com extrativo obtiveram valores de ângulo de contato bastante superiores, iniciando com 73° a 5 segundos e 65° a 25 segundos, aumentando a partir das 12 horas e mantendo valores acima de 94° a partir de 24 horas até 400 horas a 5 segundos e acima de 88° a 25 segundos. Quando foram atingidas as 600

horas, as amostras apresentaram o menor valor para esse tratamento, de 69° a 5 segundos e 54° a 25 segundos. A maior densidade desta espécie (entre 0,55 a 0,79 g/cm³, segundo Gomes, 1982), pode ter contribuído para sua maior hidrofobicidade e maior resistência a líquidos.

O tratamento com seladora proporcionou uma oscilação constante dos ângulos, variando de 98° a 62° a 5 segundos durante todo o processo de intemperismo. O tratamento com verniz proporcionou valores acima de 70° a 5 e 25 segundos até 200 horas de intemperismo, nas 300 e 400 horas os valores foram por volta de 60°, e nas 600 horas os valores ficaram por volta de 50° e 48° a 5 e 25 segundos, respectivamente.

As amostras tratadas com extrativo, seladora e verniz tiveram comportamentos parecidos. No tempo zero, as amostras tratadas com extrativo obtiveram valores de ângulo de contato inferiores ao das tratadas com seladora e verniz. Durante os períodos de intemperismo, os valores dos ângulos para os três tratamentos foram aproximados. No entanto, pode-se observar que os valores das amostras tratadas com extrativos a 5 segundos foi maior no último período do ensaio e o valor a 25 segundos foi aproximado aos outros dois tratamentos.

Comparando com as Tabelas 5B e 6B do Anexo B, verifica-se que o metanol não altera o comportamento natural da madeira de cedro. Entretanto, os valores encontrados para madeira de freijó com aplicação de metanol foram inferiores aos encontrados na testemunha. Isso pode ter ocorrido pelo fato da solução de metanol ser líquida e encharcar a madeira no momento de sua aplicação, além da madeira de freijó possuir maior rugosidade que a de cedro.

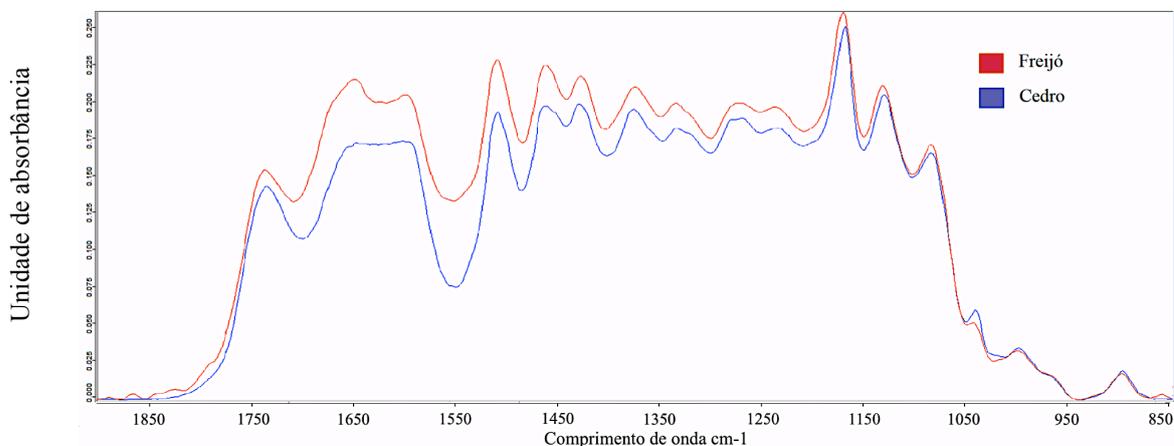
No estudo de Fonte, Carneiro e Muniz (2018) com madeira de *Cryptomeria japonica*, tratada com quatro produtos diferentes, foram encontrados ângulos variados sendo o maior 92° e o menor 64°, valores próximos aos encontrados no presente trabalho para as duas madeiras com tratamento antes da exposição ao intemperismo.

No trabalho de Raabe, Del Menezzi e Gonzalez (2017) com lâminas de curupixá com aplicação de seladora, foram encontrados valores entre 70° e 74°, valores inferiores aos encontrados neste trabalho para ambas as espécies tratadas com seladora antes de serem submetidas ao intemperismo.

6.7. ESPECTROSCOPIA DO INFRAVERMELHO MÉDIO (MIR)

A Figura 23 ilustra os espectros DRIFT normalizados das madeiras de cedro e freijó sem tratamento, antes de serem submetidas ao intemperismo artificial acelerado.

Figura 23 - Espectros DRIFT das madeiras de cedro e de freijó.



Para realizar as análises para o presente estudo, as bandas de interesse foram as que se encontram entre 1703 cm^{-1} e 1803 cm^{-1} , onde fica o pico de carbonilas; 1486 cm^{-1} e 1572 cm^{-1} , onde ocorre a vibração da ligação C=C do anel benzênico referente a lignina da madeira; e 866 cm^{-1} a 933 cm^{-1} , onde se encontra o pico de celulose. Estas bandas são utilizadas por serem bandas puras dos principais constituintes da madeira.

A aplicação de produtos na superfície da madeira modifica os seus espectros originais, pois sobrepõem uma película do produto sobre esta, modificando desta forma seu espectro de acordo os componentes do produto de acabamento aplicado, como exemplificado nas Figuras 24 e 25.

Figura 24 - Espectros da madeira de cedro sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz antes do intemperismo.

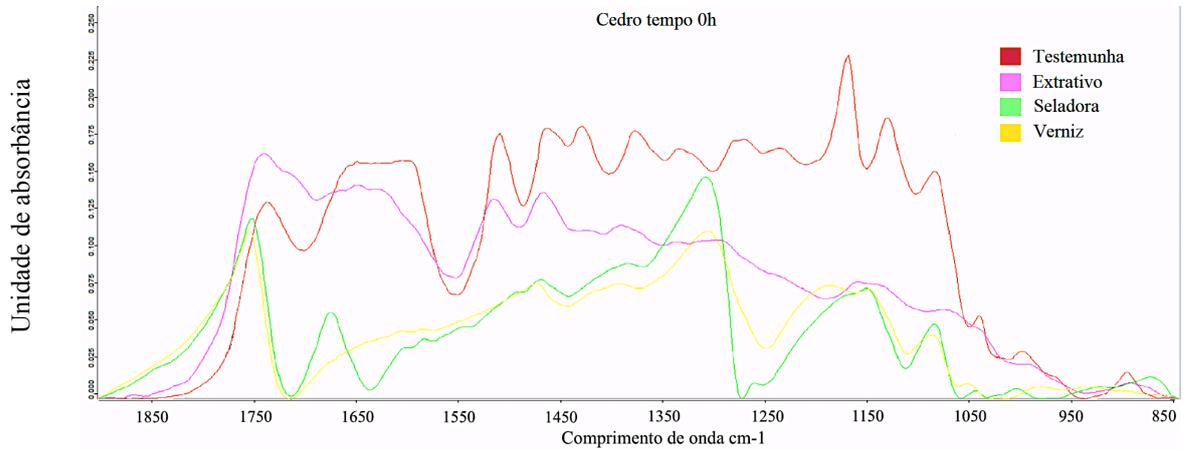
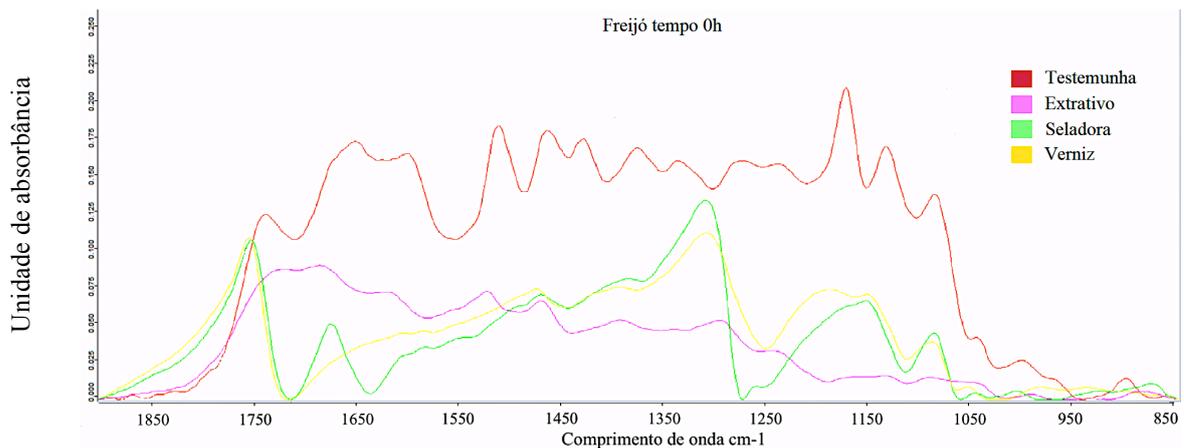


Figura 25 - Espectros da madeira de freijó sem tratamento, tratada com extrativo, seladora e verniz antes do intemperismo.



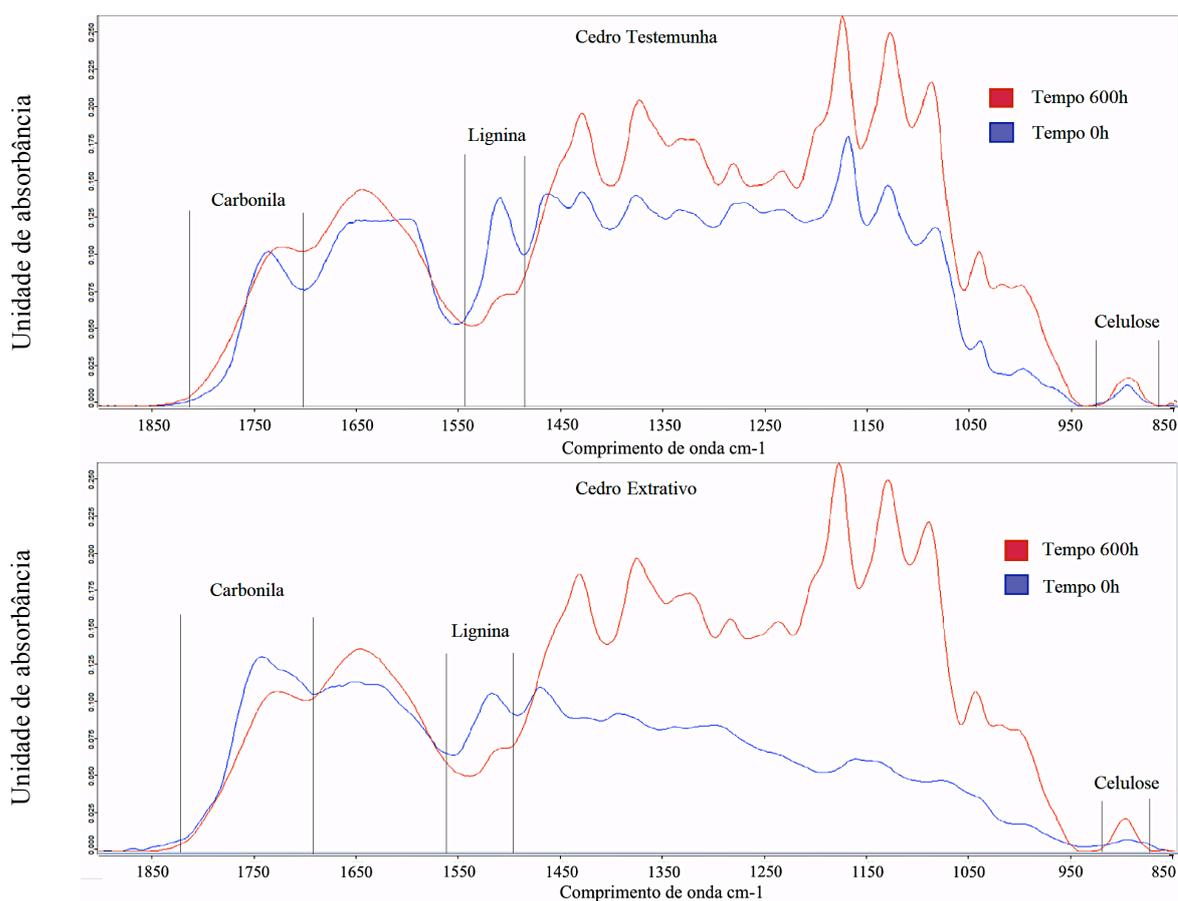
Como pode ser observado nas Figuras 24 e 25, todos tratamentos modificaram o espectro original da madeira de cedro e freijó. Este comportamento pode ser explicado pela formulação dos produtos e pelo fato de serem viscosos, formando uma película na superfície das amostras e acarretando alterações nas bandas.

Para madeira de freijó, o tratamento com extrativo foi o que mais modificou o espectro original da madeira, seguido por seladora e verniz. Apesar da solução com extrativo de freijó não ser a solução visualmente mais viscosa dentre os tratamentos, ela é a

mais escura, e quando aplicada na superfície da madeira, modifica sua cor original. Quanto mais escuro o material, mais difícil é para o espectrofotômetro do infravermelho médio realizar a leitura, influenciando no resultado final do espectro.

As figuras 26 e 27 apresentaram os espectros DRIFT da madeira de cedro sem tratamento e com os demais tratamentos antes e após o processo de intemperismo, com as bandas referentes a carbonila, lignina e celulose.

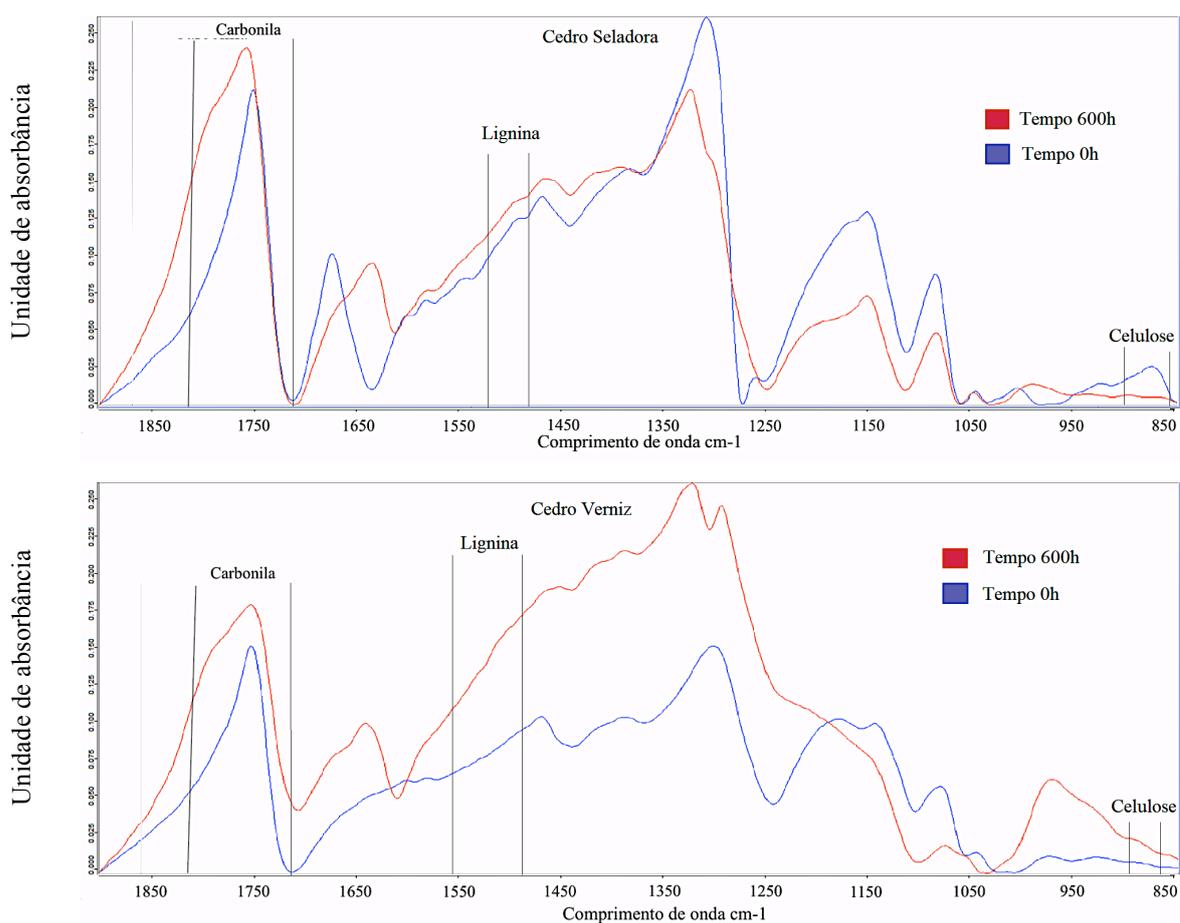
Figura 26 - Espectros DRIFT da madeira de cedro sem tratamento e tratada com extrativo, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.



A madeira de cedro sem tratamento praticamente não apresentou modificação na banda de celulose, o que significa que a degradação deste componente durante o intemperismo pode ser considerada desprezível. A banda de lignina apresentou uma diminuição drástica após o intemperismo, demonstrando que este é o componente que é mais degradado. A banda de carbonila apresentou uma redução de intensidade para madeira de cedro não tratada.

Já as amostras de cedro tratadas com extrativo, seladora e verniz, apresentaram grande modificação na banda de celulose. Isso ocorre devido estas soluções sobreporem uma película na superfície da amostra, mascarando a composição verdadeira da madeira. As amostras tratadas com extrativo e verniz sugerem pouca celulose antes do ensaio de intemperismo (tempo 0h), o que não é verdade. Na realidade, o espectrofotômetro não fez a leitura da composição da madeira e sim da composição do produto aplicado nela.

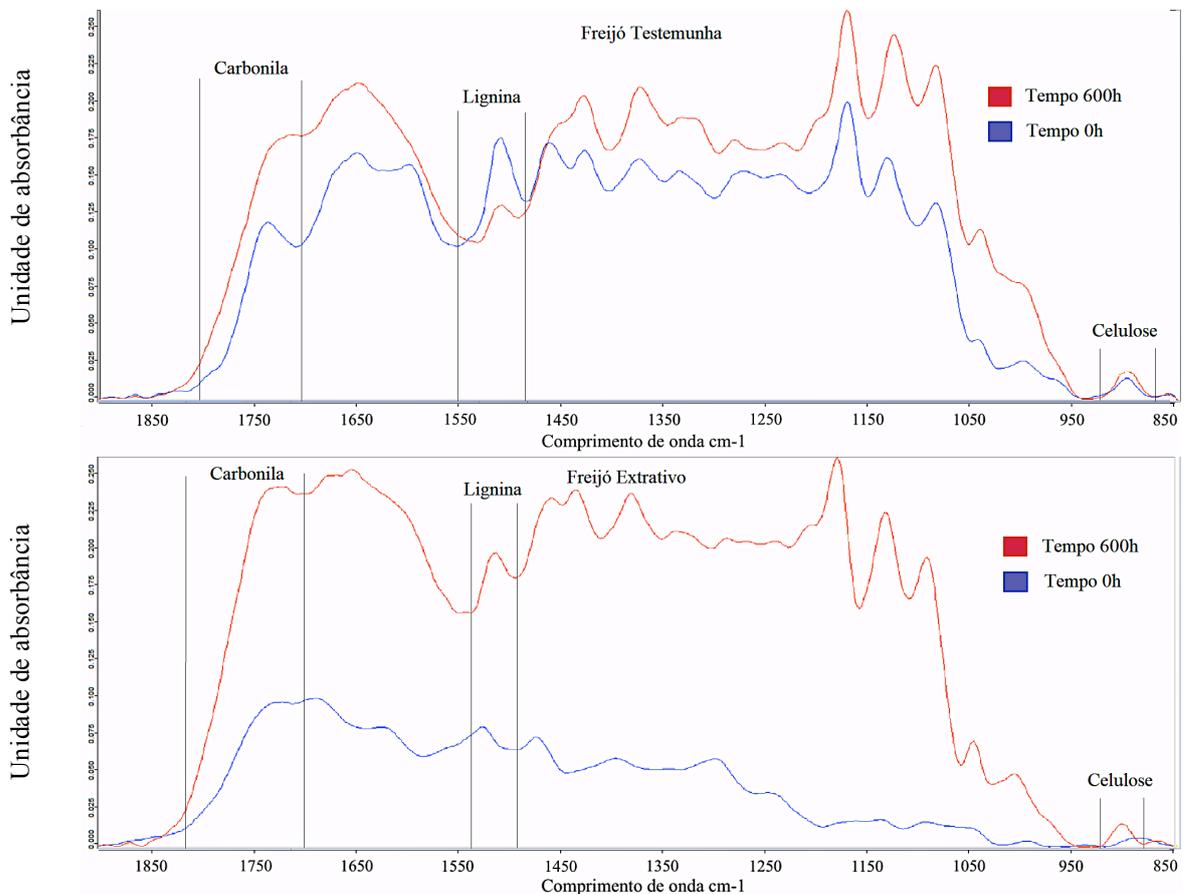
Figura 27 - Espectros DRIFT da madeira de cedro tratada com seladora e verniz, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.



A banda de lignina e carbonila da madeira tratada com extrativo ao fim do processo de intemperismo foi de menor intensidade do que antes do intemperismo, semelhante ao comportamento das madeiras sem tratamento. Já as madeiras tratadas com seladora e verniz mostraram a banda de lignina e carbonila com maiores intensidades ao final do processo de intemperismo, demonstrando que estes tratamentos protegem, de fato, a superfície da madeira da degradação.

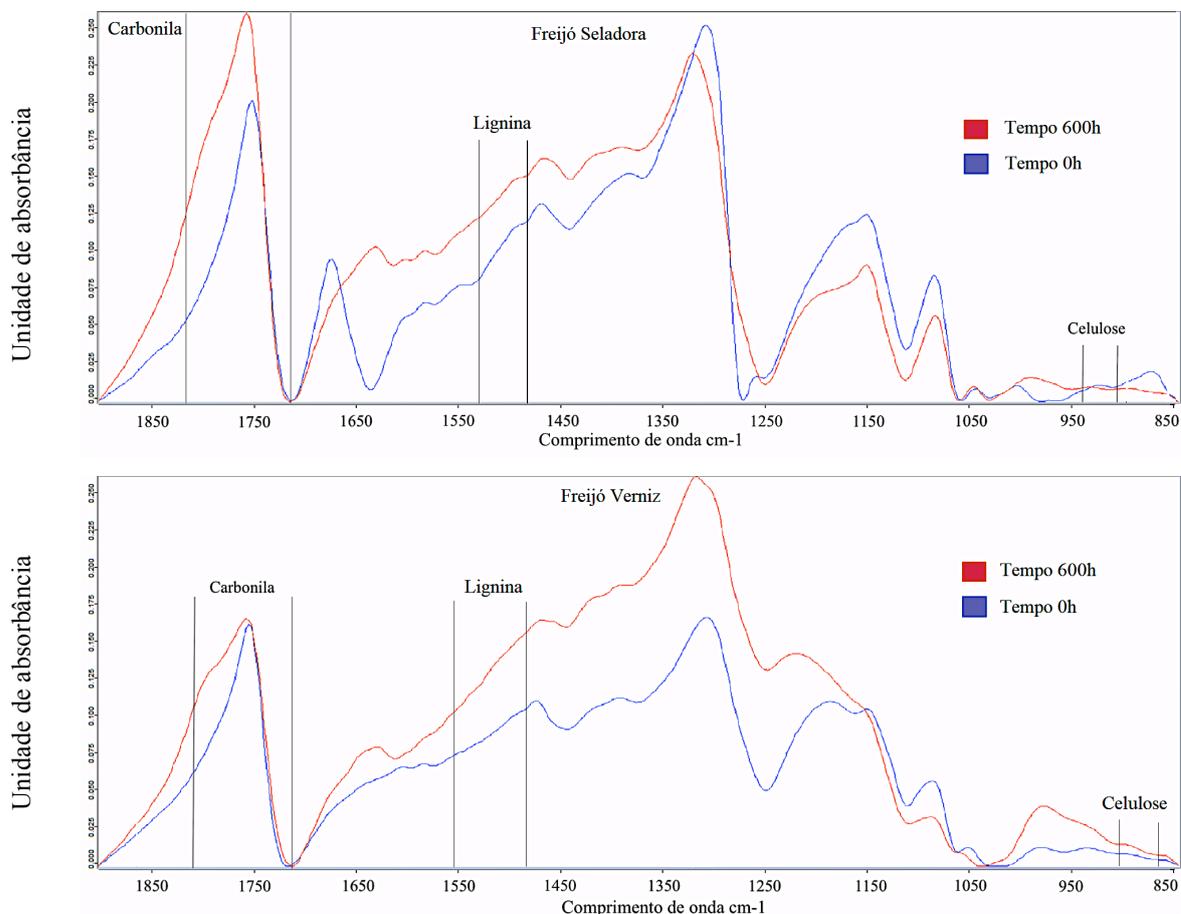
A figura 28 e 29 apresentam os espectros DRIFT da madeira de freijó sem tratamento e com os demais tratamentos antes e após exposição ao intemperismo.

Figura 28 - Espectros DRIFT da madeira de freijó testemunha e tratada com extrativo, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.



O comportamento do freijó sem tratamento foi semelhante ao da madeira de cedro, apresentando picos da banda de carbonila mais suavizados, picos da banda de lignina bem inferiores após o intemperismo, e picos de celulose semelhantes antes e após o intemperismo. A madeira de freijó tratada com extrativo, seladora e verniz apresentou maiores intensidades em todas as bandas após serem submetidas ao intemperismo, sugerindo que os três tratamentos protegeram a madeira a degradação de seus componentes.

Figura 29 - Espectros DRIFT da madeira de freijó tratada com seladora e verniz, antes (0h) e após (600h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.



Para obter uma análise quantitativa das alterações sofridas pelas duas espécies de madeira com diferentes tratamentos ao longo do tempo de intemperismo acelerado, as áreas dos picos das bandas de carbonila e lignina foram medidas pelo programa OPUS. As áreas das bandas de celulose não foram calculadas devido a alta resistência do composto frente ao intemperismo, visualizado nas figuras das duas madeiras sem tratamento. Como foi mencionado para figuras analisadas, os momentos em que a banda de celulose variou foi em razão da camada sobreposta de produto nos tratamentos, impedindo a leitura real dos componentes da madeira.

As Tabelas 16 e 17 apresentam a variação na intensidade das bandas de interesse dos espectros das madeiras de cedro e freijó, respectivamente, sem tratamento, tratadas com extrativo, seladora e verniz.

Tabela 16 - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de cedro sem aplicação de produto, tratada com extrativo, seladora e verniz.

Cedro	Tempo	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	Lignina (u.a/cm ⁻¹)
Testemunha	T 0h	0,140	0,154
	T 12h	0,169	0,150
	T 24h	0,169	0,149
	T 48h	0,161	0,122
	T 96h	0,134	0,087
	T 200h	0,113	0,036
	T 300h	0,110	0
	T 400h	0,104	0
	T 600h	0,065	0
	Extrativo	T 0h	0,156
T 12h		0,229	0,128
T 24h		0,207	0,090
T 48h		0,205	0,087
T 96h		0,185	0,083
T 200h		0,157	0,050
T 300h		0,127	0,029
T 400h		0,118	0,012
T 600h		0,074	0
Seladora	T 0h	0,225	0
	T 12h	0,239	0
	T 24h	0,234	0,004
	T 48h	0,246	0,006
	T 96h	0,238	0,006
	T 200h	0,212	0,006
	T 300h	0,232	0,006
	T 400h	0,208	0,006
	T 600h	0,192	0,006
Verniz	T 0h	0,201	0
	T 12h	0,203	0
	T 24h	0,200	0
	T 48h	0,198	0
	T 96h	0,188	0
	T 200h	0,156	0
	T 300h	0,155	0
	T 400h	0,149	0
	T 600h	0,148	0

Em que: u.a - unidade de absorvância, T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

Na tabela 16, é possível perceber que para a madeira de cedro sem tratamento, a banda de lignina apresentou constante decréscimo. A banda de carbonila aumentou no início, decrescendo a partir das 48 horas, sendo que este decréscimo ocorre para todos os tratamentos.

Observando a banda de lignina, percebe-se que ela apresentou um comportamento peculiar para as amostras tratadas com extrativo, seladora e verniz devido a película de produto depositada nelas. O tratamento com extrativo não permitiu que o espectrofotômetro fizesse a leitura correta da madeira logo após ela ter sido tratada. A partir das 12 horas de ensaio, a banda de lignina apresentou o comportamento usual, diminuindo de intensidade até o final do ensaio.

A seladora não permitiu leitura da banda de lignina até 12 horas de intemperismo, a partir daí a intensidade desta aumentou e posteriormente manteve-se constante, sugerindo que a película deste produto foi sendo levemente lixiviada pelo intemperismo. Já o verniz não permitiu a leitura da banda de lignina durante todo o processo de intemperismo, sugerindo que este produto deposita uma película muito resistente a intempéries na superfície da madeira.

Analisando a Tabela 17, nos deparamos também com o constante decréscimo da intensidade de lignina nas madeiras de freijó sem tratamento. As madeiras tratadas com extrativo apresentaram constante aumento de intensidade de lignina até as 96 horas, decrescendo a partir daí. Isso ocorreu devido a sobreposição da solução de extrativo mascarando a leitura dos componentes reais da madeira. Para as madeiras tratadas com seladora, a banda de lignina recebeu valor zero na primeira medição, logo após o produto ser aplicado, e a partir daí, um leve aumento de intensidade, como ocorreu com a madeira de cedro. O verniz também não possibilitou a leitura da banda de lignina na madeira de freijó.

Tabela 17 - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de freijó sem aplicação de produto, tratada com extrativo, seladora e verniz.

Freijó	Tempo	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	Lignina (u.a/cm ⁻¹)
Testemunha	T 0h	0,116	0,142
	T 12h	0,126	0,141
	T 24h	0,116	0,125
	T 48h	0,115	0,102
	T 96h	0,088	0,081
	T 200h	0,079	0,049
	T 300h	0,062	0,037
	T 400h	0,044	0,031
	T 600h	0,042	0,026
Extrativo	T 0h	0,019	0,032
	T 12h	0,019	0,041
	T 24h	0,020	0,063
	T 48h	0,057	0,070
	T 96h	0,138	0,076
	T 200h	0,131	0,062
	T 300h	0,130	0,057
	T 400h	0,130	0,053
	T 600h	0,035	0,045
Seladora	T 0h	0,228	0
	T 12h	0,241	0,005
	T 24h	0,251	0,004
	T 48h	0,253	0,006
	T 96h	0,254	0,006
	T 200h	0,257	0,006
	T 300h	0,255	0,006
	T 400h	0,246	0,006
	T 600h	0,246	0,004
Verniz	T 0h	0,223	0
	T 12h	0,246	0
	T 24h	0,244	0
	T 48h	0,244	0
	T 96h	0,239	0
	T 200h	0,227	0
	T 300h	0,219	0
	T 400h	0,208	0
	T 600h	0,188	0

Em que: u.a - unidade de absorvância, T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

A banda de carbonila aumentou de intensidade até as 12 horas para as madeiras sem tratamento e decresceram a partir daí. Para as madeiras tratadas com extrativo, esta banda aumentou até 96 horas, tratadas com seladora até de 200 horas e tratadas com verniz até 12 horas. Em valores absolutos, as amostras tratadas com seladora e verniz foram as que apresentaram maiores valores de carbonila durante todo o processo.

O aumento da concentração de carbonila, identificada em todos os casos, ocorre devido a formação de compostos carbonílicos resultantes da degradação dos compostos da lignina. Para ambas as espécies, não houve diferença de valores para madeiras sem tratamento e tratadas com metanol (Tabela 7B e 8B do Anexo B).

O estudo de Mesquita (2016) com madeira de curupixá e tauari sem tratamento e tratadas antes e após o intemperismo, encontrou comportamentos semelhantes ao do presente estudo, com pouca modificação da banda de celulose, diminuição constante de lignina para testemunhas e aumento e posterior diminuição da intensidade da banda de carbonilas. O mesmo comportamento foi identificado no trabalho de Pastore (2004) com madeiras de angelim vermelho, jatobá e marupá submetidas a radiação ultravioleta.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho permitiu concluir que o intemperismo altera de forma muito apreciável a cor da madeira das duas espécies estudadas, tanto para amostras sem tratamento, quanto para amostras de quase todos os tratamentos pesquisados. As amostras tratadas com extrativo de feijó foram as únicas que demonstraram menor mudança de cor causada pelo intemperismo, após modificação da cor original da madeira pelo tratamento com solução de extrativo, apresentando alteração apreciável.

A rugosidade da madeira de cedro aumentou ao fim do ensaio de intemperismo, sendo que o maior aumento ocorreu nas madeiras testemunha e tratadas com extrativo. Já a madeira de feijó não teve a sua rugosidade superficial alterada estatisticamente pelo processo de intemperismo para as tratadas com extrativo, seladora e verniz.

Na molhabilidade da madeira de cedro, houve um aumento de permeabilidade, destacando-se as amostras testemunha e tratada com extrativo. Amostras tratadas com seladora apresentaram os maiores valores de ângulo de contato e as amostras tratadas com

verniz mostraram um decréscimo durante os intervalos de intemperismo, por proporcionar uma superfície mais lisa. Para a madeira de freijó, houve aumento de permeabilidade, tanto nas madeiras não tratadas como nas tratadas, sendo que as madeiras tratadas com extrativo, seladora e verniz obtiveram valores maiores de ângulo de contato.

A espectroscopia no infravermelho médio aplicada às madeiras mostrou uma diminuição de intensidade da banda de lignina e aumento e posterior diminuição da banda de carbonila, de acordo com o tratamento para ambas as espécies. Os tratamentos com extrativo, seladora e verniz, foram os que mais modificaram o espectro original das duas espécies.

As amostras com aplicação somente de metanol (branco), solvente que foi utilizado para produzir a solução de extrativos, não modifica o desempenho da madeira de cedro submetida ao intemperismo em todos os ensaios realizados. O freijó com aplicação de metanol não apresenta diferenciação com a madeira sem tratamento nos ensaios de colorimetria, rugosidade e de espectroscopia no infravermelho médio. Nos ensaios de molhabilidade, os valores foram ligeiramente menores para as madeiras tratadas com metanol.

O tratamento com extrativo de cedro não proporcionou melhora no desempenho da madeira quando comparado com os tratamentos com produtos químicos durante os períodos de intemperismo. Já o tratamento com extrativo de freijó após a modificação inicial de sua cor, desempenhou menor alteração de cor, pequena alteração da rugosidade e melhor desempenho da permeabilidade da madeira durante o intemperismo quando comparado com os tratamentos com produtos químicos. Apesar deste desempenho apresentado pela madeira de freijó, a solução altera bastante a cor original da madeira durante a sua aplicação e não diminui sua rugosidade.

O estudo pode trazer benefícios para a indústria moveleira com interesse em lançar produtos com selo verde, ou seja, sem utilização de produtos químicos prejudiciais a saúde e ao meio ambiente no acabamento de móveis, além de abrir porta para reutilização de material residual madeireiro, como serragem, retirando-se os extrativos, para produção de produtos visando o tratamento da superfície de móveis, por exemplo.

Recomenda-se realizar trabalhos como este com diferentes espécies utilizadas pelo setor moveleiro e propor melhora desta metodologia para diminuir a rugosidade da madeira sem tratamento utilizando ceras e óleos naturais.

Recomenda-se também realizar estudos aprofundados da composição química dos extrativos (identificação de seus componentes), uma vez que estes se mostram com comportamento diferentes entre as espécies estudadas. Isso poderá ajudar na produção de produtos, aproximando-se da cor natural da madeira para cada espécie. Outros solventes, além dos testados neste trabalho, deverão ser estudados, visando modificações mínimas nos extrativos naturais da madeira. Mudanças nas metodologias aqui utilizadas deverão ser testadas em função das espécies e produtos utilizados, como forma de melhora dos resultados a serem alcançados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFROUZI, Y. M.; OMIDVAR, A.; MARZBANI, P. Effect of Artificial Weathering on the Wood Impregnated with Nano-Zinc Oxide. **World Applied Sciences Journal**, v. 22, n. 9, p. 1200–1203, 2013.

ALVES, M. L. **Reconhecimento da rugosidade em imagens monocromáticas por meio de análise de textura**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2011.

ANDRADE, B. DE A. **Atividade Fotoprotetora in vitro de Espécies Medicinais da Caatinga Pernambucana e Incorporação em Gel Dermatológico**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação**. p. 11. 2011.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM G 154 - Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatur for UV Exposure of Nonmetallic Materials**. Philadelphia, USA, 2006.

ASTM - American Society for Testing and Materials. **ASTM D2244 - Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates**. Philadelphia, USA, 2009.

BICAS, T. C.; FERNANDES, A.; PRASNIEWSKI, A.; CALEGARI, M. A.; LIMA, V. A.; OLDONI, T. L. C. Uso da Espectroscopia de Infravermelho Médio com Transformada de Fourier (IV-TF) e quimiometria para classificação de vinhos e suco de uva. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 2, p. 89–97, 2017.

BIESKI, I. G. C.; LEONTI, M.; ARNASON, J. T.; FERRIER, J.; RAPINSKI, M.; VIOLANTE, I. M. P. Ethnobotanical study of medicinal plants by population of Valley of Juruena Region, Legal Amazon, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 173, p. 383-423, 2015.

BOLETIM SNIF. Brasil: Ed. 1, Serviço Florestal Brasileiro, 2017.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. **Levensm.-Wiss. u.-Technol.**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995.

BRISOLARI, A. **Estudo da molhabilidade em madeiras tropicais ou de reflorestamento por medidas de ângulo de contato e de permeabilidade**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2008.

BROCCO, V. F.; PAES, J. B.; COSTA, L. G. DA; BRAZOLIN, S.; ARANTES, M. D. C. Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 2093–2099, 2017.

BURDURLU, E.; USTA, I.; ULUPINAR, M.; AKSU, B.; ERARSLAN, T. Ç. The effect

of the number of blades and the grain size of abrasives in planing and sanding on the surface roughness of European black pine and Lombardy poplar. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 29, n. 4, p. 315–321, 2005.

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, v. 71, p. 30–41, 2001.

CARPANEZZI, A. A.; KANASHIRO, M. Informações sobre a ecologia de freijó-cinza (*Cordia goeldiana* HUBER). Belém: **EMBRAPA-CPATU**, n. 14, 1982.

COSTA, J. DE A.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A.; GOMES, I. A. S. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: jatobá (*Hymenaea courbaril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 133–139, 2011.

CRUZ, H.; NUNES, L. Cap. 12: Madeira. In: GONÇALVES, M. B.; MARGARIDO, F. C.; COLAÇO, R. C. (Org). **Ciência e Engenharia dos Materiais de Construção**. IST, 2012. p. 629–661.

CUNHA, T. A. DA. **Modelagem do Incremento de Árvores Individuais de *Cedrela odorata* L.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

DIAS, R. DE C. C. **Microescultura por laser de superfícies metálicas para manufatura de laminados híbridos metal/fibra**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

DOMINGOS, F. C.; FREITAS, S. V. DE C.; MACHADO NETO, V. **Análise metrológica de rugosímetros**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE METROLOGIA MECÂNICA, 3., 2014, Gramado. **Anais...** Gramado: 2014.

ESPINOSA-DIEZ, C.; MIGUEL, V.; MENNERICH, D.; KIETZMANN, T.; SÁNCHEZ-PÉREZ, P.; CADENAS, S.; LAMAS, S. Antioxidant responses and cellular adjustments to oxidative stress. **Redox Biology**, v. 6, p. 183–197, 2015.

ESTEVES, B. M. DE M. L. A indústria de preservação em Portugal. **Revista Millenium**, v. 36, p. 6, 2009.

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**, v. 25, n. 1, p. 1–10, 2018.

FONTE, A. P. N. DA; CARNEIRO, M. E. B.; MUNIZ, G. I. DE B. Penetration and wettability of vernish in the wood of *Cryptomeria japonica*. **Floresta**, v. 49, n. 1, p. 117–124, 2018.

GALINARI, R.; TEIXEIRA JUNIOR, J. R.; MORGADO, R. R. A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, v. 37, p.

227–272, 2013.

GARCÍA, C. R.; CASTILLO, G. V.; ANZURES, F. C.; TORRES, O. S. M. El cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) como alternativa de reconversión en terrenos abandonados por la agricultura comercial en el sur de Tamaulipas*. **Agricultura Técnica en México**, v. 34, n. 2, p. 243–250, 2008.

GIORDANI, M. A.; COLLICCHIO, T. C. M.; ASCÊNCIO, S. D.; MARTINS, D. T. DE O. Hydroethanolic extract of the inner stem bark of *Cedrela odorata* has low toxicity and reduces hyperglycemia induced by an overload of sucrose and glucose. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 162, p. 352-361, 2014.

GOMES, J. I. A madeira de *Cordia goeldiana* HUBER. Belém: **EMBRAPA-CPATU**, n. 45, 1982.

GONÇALEZ, J. C. Caracterisation technologique de quatre especes peuconnues de laforêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétésphysiques et mécaniques. Nancy: EcoleNationale du GénieRural, des Eauxet des Forêts, 1993.

GONÇALEZ, J. C.; FÉLIX, T. L. F.; GOUVEIA, F. N.; CAMARGOS, J. A. A.; RIBEIRO, P. G. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber) após receber produtos de acabamentos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 4, p. 657–664, 2010.

GORINI, A. P. F. Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeira industrial de produtos sólidos de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, v. 8, p. 3–58, 1998.

GRIEBELER, C. G. DE O. **Colorimetria da Madeira de Eucalyptus grandis W . Hill ex Maiden Modificada Termicamente**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. Corantes Têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71–78, 2000.

GUEDES, D. E. **Análise Metrológica de Acabamento de Superfícies Aplicada a Componentes Mecânicos**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2014.

HANSMANN, C.; GINDL, W.; WIMMER, R.; TEISCHINGER, A. Permeability of wood - A review. **Drevarsky Vyskum/Wood Research**, v. 47, n. 4, p. 1–16, 2002.

HENZ, G. P.; CARDOSO, F. B. Absorção de água e proliferação de fungos em madeira de Pinus usada como embalagem para hortaliças. **Hosticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 138–142, 2005.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. Weathering testing of timber: discoloration. In: IMAMURA, Y. **High performance utilization of wood for outdoor uses**. Kyoto: Press Net, 2001.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas - Cedro. 1989. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/29.htm>. Acesso em: 3 março 2018.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas - Freijó. 1989. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/34.htm>. Acesso em: 20 fevereiro 2019.

ISO. **Internacional Organization for Standardization - ISO 4287**, 1997.

JIS. - JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD. **Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters**. JIS B 0601. Tokyo, 2001.

JOHN, J. A.; SHAHIDI, F. Phenolic compounds and antioxidant activity of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*). **Journal of Functional Foods**, v. 2, n. 3, p. 196–209, 2010.

KLOCK, U.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2013. 86 p.

KOLEY, T. K.; KAUR, C.; NAGAL, S.; WALIA, S.; JAGGI, S.; SARIKA. Antioxidant activity and phenolic content in genotypes of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.). **Arabian Journal of Chemistry**, v. 9, p. 1044–1052, 2016.

KONICA Minolta Sensing Americas Inc. Colorimetria: Como medir diferenças de cor. Konica Minolta Sensing Americas, Inc. 101 Williams Drive Ramsley. Documento técnico, 2014.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. DOS S. Avaliação da Rugosidade Superficial da Madeira de *Eucalyptus* sp Submetida ao Fresamento Periférico. **Cerne**, v. 20, n. 3, p. 471–476, 2014.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Plantarium, 2002.

MALDONADO, C. A. G. **Actividad biológica de *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) e identificación de sus metabolitos secundarios**. Chiapas: Universidad de Ciencias Y Artes de Chiapas, 2014.

MARTINS, S. A.; FERRAZ, J. M.; SANTOS, C. M. T. DOS; DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R. DE. Efeito da usinagem na rugosidade da superfície da madeira de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 2, p. 135–143, 2011.

MATIAS, E. F. F.; ALVES, E. F.; SILVA, M. K. DO N.; CARVALHO, V. R. D. A.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M. The genus *Cordia*: botanists, ethno, chemical and pharmacological aspects. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, n. 5, p. 542–552, 2015.

MATTOS, B. D.; MISSIO, A. L.; CADEMARTORI, P. H. G. DE; GATTO, D. A.; MAGALHÃES, W. L. E. Compósitos polímero-madeira preparados por polimerização in situ de metil metacrilato usando aditivos bifuncionais. **Red de Revistas Científicas da América Latina y el Caribe, España y Portugal**, v. 25, p. 10–18, 2015.

MELO, E. D. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; LEAL, F. L. L.; CAETANO, A. C. DA S.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 639–644, 2006.

MENDES, T. J.; GONÇALEZ, J. C.; TELES, R.; LIMA, C. M. Efeito do intemperismo artificial na cor de lâminas de madeira tratadas com dois produtos de acabamento. **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 101–109, 2016.

MESQUITA, R. R. S. **Comportamento das madeiras de curupixá (*Micropholis* sp.) e tauari (*Couratari* sp.) Submetidas ao Intemperismo Artificial com Diferentes Produtos de Acabamento**. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

MESQUITA, R. R. S. DE; GONÇALEZ, J. C.; PAULA, M. H. DE. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 29–35, 2017.

MOHAMED, M. A. E. M. A. E. R. **Phytochemical and Biological Studies of Cordia africana Family Boraginaceae Cultivated in Egypt**. Cairo: Cairo University, 2016.

MOLYNEUX, P. The use of the stable free radical diphenylpicryl- hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. **Songklanakarín J. Sci. Technol.**, v. 26, n. 2, p. 211–219, 2004.

MOREIRA, A. C.; RIOS, P. D. A.; VIEIRA, H. C.; MORI, F. A. Análise química da cortiça das árvores de *Kielmeyera coriacea* Mart. **Ciência da Madeira**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2017.

MORESCHI, J. C. **Produtos Preservantes de Madeira**. Apostila Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba: UFPR, 2011. 31 p. Disponível em: <<http://engmadeira.yolasite.com/resources/Preservantesdemadeira.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2018.

MORI, C. L. S. DE O.; MORI, F. A.; LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; OLIVEIRA, A. C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123–132, 2004.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science and Technology**, v. 48, p. 411–433, 2014.

NIMSE, S. B.; PAL, D. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. **RSC Advances**, v. 5, 2015.

NUOPPONEN, M. H.; BIRCH, G. I. M.; SYKES, R. J.; LEE, S. J.; STEWART, D. Estimation of Wood Density and Chemical Composition by Means of Diffuse Reflectance Mid-Infrared Fourier Transform (DRIFT-MIR) Spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, p. 34–40, 2006.

OLIVEIRA, A. A.; SIQUEIRA, P. H.; NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B. DE; FERREIRA, J. H. Identificação de Madeiras utilizando a Espectrometria no Infravermelho Próximo e

Redes Neurais Artificiais. **Tema**, v. 16, n. 2, p. 81–95, 2015.

OLIVEIRA, J. DA S.; SOUZA, L. C.; LUCIA, R. M. DELLA; SOUZA, W. P. J. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819–826, 2005.

PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. DE; NASCIMENTO, A. M. DO; LATORRACA, J. V. F.; DIAS, A. F. J. A ação do intemperismo interfere no acabamento superficial e na coloração da madeira de espécies florestais. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, p. 1–7, 2018.

PASTORE, T. C. M. **Estudos do Efeito da Radiação Ultravioleta em Madeiras por Espectroscopias Raman (FT - Raman), de Reflectância Difusa no Infravermelho (DRIFT) e no Visível (CIE-L*a*b*)**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

PASTORE, T. C. M.; OLIVEIRA, C. C. K. DE; RUBIM, J. C.; SANTOS, K. DE O. Efeito do Intemperismo Artificial em Quatro Madeiras Tropicais por Espectroscopia de Infravermelho (DRIFT). **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2071–2075, 2008.

PAULA, M. H. DE. **Efeito do tratamento térmico em propriedades tecnológicas das madeiras de angelim vermelho (*Dinizia excelsa* Ducke) e sapucaia (*Lecythis pisonis* Cambess)**. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

PEREIRA, K. DO N.; GONÇALEZ, J. C.; RAABE, J.; COSTA, A. F. DA. Surface quality of the Ficus sp. wood veneers submitted to finishing treatments. **Madera y Bosques**, v. 23, n. 2, p. 181–191, 2017.

PEREIRA, P. A. DE P.; ANDRADE, J. B. DE. Fontes, reatividade e quantificação de metanol e etanol na atmosfera. **Química Nova**, v. 21, n. 6, p. 744–754, 1998.

PERTUZZATTI, A.; CONTE, B.; MISSIO, A. L.; SOARES, A. K.; GUMA, R. L.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A. Alterações físicas e superficiais da madeira de canemaçu (*Tetrorchidium rubrivenium*) termorretrificada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 140–146, 2015.

PHROMPITTAYARAT, W.; PUTALUN, W.; TANAKA, H.; JETIYANON, K.; WITTAYA-AREEKUL, S.; INGKANINAN, K. Comparison of Various Extraction Method of Bacopa monnieri. **Naresuan University Journal**, v. 15, n. 1, p. 29–34, 2007.

Q-LAB CORPORATION. **Technical Manual QUV Accelerated Weathering Tester**. User Manual, section 5.2, 2011.

RAABE, J.; DEL MENEZZI, C.; GONÇALEZ, J. C. Avaliação da Superfície de Lâminas Decorativas de Curupixá (*Micropholis venulosa* Mart. Eichler). **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

RAMOS, M. F. S.; SANTOS, E. P.; DELLAMORA-ORTIZ, G. M. Avaliação da Atividade Antisolar e Estudos Preliminares de Fotodegradação da Própolis. **Revista Fitos**, v. 5, n. 3, p. 73–84, 2010.

RASHED, K. Antioxidant potential of *Cedrela odorata* stems extracts and Bio active Phytoconstituents. **Journal for Drugs and Medicines**, v. 6, n. 12, p. 25–30, 2014.

REIS, M. S. Decay resistance of six wood species from the Amazon basin of Brazil. **Holzforschung**, v. 26, n. 5, p. 91–185, 1972.

REMADE Madeiras Brasileiras e Exóticas. Disponível em:

<<http://www.remade.com.br/madeiras-exoticas/142/madeiras-brasileiras-e-exoticas/cedro-rosa>>. Acesso em: 5 abril 2018.

ROCHA, J. J. M. DA; BARATA, L. E. S.; MOUTINHO, V. H. P. Estudo do Extrato Etanólico de *Cedrella odorata* L. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 2015, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: 2015.

RODRIGUES, O. G.; ANGÉLICO, E. C.; COSTA, J. G. M. DA; LUCENA, M. DE F. A.; QUEIROGA NETO, V.; SILVA, W. W. Avaliação da atividade antioxidante dos extratos botânicos de *Croton Heliotrpiifolius* Kunth. e *Croton blanchetianus* Baill: Resultados Preliminares. **ACSA**, v. 12, n. 3, p. 237–241, 2017.

RUVALCABA, L. P.; ARMENTA, K. G. M.; VALDÉS, T. D.; ALCARAZ, T. D. J. V.; TAFOYA, F. A.; LÓPEZ, R. M.; JUÁREZ, M. G. Y. Effect of Cedar Extract (*Cedrela odorata* L.) on the Termite (*Reticulitermes* spp.). **Scientific Research Publishing**, n. 8, p. 261–266, 2017.

SANCHES, M. **A Reprodução da Cor**. Disponível em:

<<http://reproducaodacor.blogspot.com.br>>. Acesso em: 27 março 2018.

SANTOS, A. P. DOS. **Espectroscopia de infravermelho próximo em análise de solos e plantas**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2011.

SILVA, E. DOS S.; STANGERLIN, D. M.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L.; PARIZ, E. Colorimetria da madeira de oito espécies nativas do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Ciência da Madeira**, v. 6, n. 1, p. 31–37, 2015.

SILVA, F. DE A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. DE. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71–78, 2002.

SILVEIRA, M. F. DA. **Influência de Metabólitos Secundários de Madeiras da Caatinga na Resistência ao Ataque de Fungos Apodrecedores**. Brasília: Universidade de Brasília, 2018.

SORAGI, L. DE C. **Qualidade de Superfícies Usinadas em Madeira de *Toona ciliata* M. Roem**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2009.

SUÁREZ, P. E. E.; HONORATO, S. J. A.; HERRERA, J. M. Determinación del contenido de extractos de la madera y corteza de tres genotipos de *Cedrela odorata*. In: REUNIÓN CIENTÍFICA -TECNOLÓGICA FORESTAL Y AGROPECUARIA, XXVI., 2014,

Tabasco. **Anais...** Tabasco, México: UJAT, 2015.

TELES, E. S. **Aplicação de espectroscopia no infravermelho médio e calibração multivariada para quantificação de adulterantes e teor de biodiesel de óleo de palma com óleo de soja, soja residual e diesel.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

TELES, R. F.; COSTA, A. F. DA. Influência do Intemperismo Acelerado nas Propriedades Colorimétricas da Madeira de Angelim Pedra. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 65–70, 2014.

TELES, R. F.; COSTA, A. F. DA; SOUZA, M. R. DE. Análise da Influência do Tratamento Preservativo na Cor e Rugosidade de Superfícies de Madeiras Tropicais. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 101-110, 2016.

VALVERDE, J. C.; MOYA, R. Efectos de la intemperie en el color de dos acabados aplicados en madera de Cedrela odorata y Carapa guianensis. **Ciencia y Tecnologia**, v. 12, n. 3, p. 171–180, 2010.

VIEIRA, L. M.; CASTRO, C. F. S.; DIAS, A. L. B.; SILVA, A. R. Fenóis totais, atividade antioxidante e inibição da enzima tirosinase de extratos de *Myracrodruon urundeuva* Fr . All . (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 521–527, 2015.

SELADORA, o que é, pra que serve e como usar. 2012. Disponível em: <<http://construcaodecasa.com/dicas-de-acabamento/seladora-o-que-e-para-que-serve-e-como-usar/>>. Acesso em: 28 março 2018.

WILLE, V. K. D.; WASTOWSKI, A. D.; PEDRAZZI, C.; SAUER, M. P. Composição química da madeira de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1441–1449, 2017.

WILLIAMS, R. S. Cap. 7 - Weathering of Wood. In: ROWELL, R. M. (Org). **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. CRC Press, 2005. 487 p.

YUAN, Y.; LEE, T. R. Cap 1 - Contact Angle and Wetting Properties. In: BRACCO, G.; HOLST, B. (Org). **Surface Science Techniques**. Springer Berlin Heidelberg, 2013.

ANEXOS

ANEXO A - Teste Piloto

Com a finalidade de conhecer o solvente mais recomendado para extração dos extrativos das madeiras estudadas, cedro e freijó, fez-se testes preliminares com três produtos (etanol 96%, acetato de etila e n-pentano). Os extrativos das espécies foi um dos tratamentos estudados para proteção da madeira contra intemperismo. Esta etapa do trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia Química da Budapest University of Technology and Economics (BME), na Hungria.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1. PREPARAÇÃO DA MADEIRA E TEOR DE UMIDADE

Vinte corpos de prova de cada espécie, com dimensões de 8 x 4 x 0,5 cm de comprimento, largura e espessura, respectivamente, foram submetidos ao processo de moagem e peneiramento utilizando um moedor e três peneiras, a primeira de 4 mm, a segunda de 2 mm e a última de 1 mm de malha. Obteve-se em torno de 100 gramas de serragem para cada espécie (Figura 1A).

Figura 1A – Preparação do pó de madeira para análise química: (1) amostras após corte em guilhotina; (2) moedor; (3) serragem de cedro; (4) serragem de freijó.



O teor de umidade foi determinado em triplicata para cada espécie. Três frascos com 2g de serragem foram pesados antes e após irem para a estufa à $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ por 24 horas e serem resfriados a temperatura ambiente.

1.2. RETIRADA DE EXTRATIVOS

Os extrativos das duas espécies foram retirados pelo método Soxhlet em triplicata. A extração foi realizada com 200 ml de cada solvente: etanol 96%, n-pentano e acetato de etila. Cerca de 10g de material vegetal moído foram pesados em um dedal de extração de papel, que foi colocado no aparelho Soxhlet.

O balão de fundo arredondado contendo o solvente foi aquecido em um banho de óleo, evaporando o solvente e seu vapor foi condensado em um condensador de vidro e depositado no material vegetal. Desta forma a extração foi realizada até que o solvente condensado se tornasse transparente, ou seja, até que não haja extrativo aparente no material vegetal. A extração durou entre 24 e 48 horas.

Após a extração os solventes foram evaporados em um evaporador rotativo e o balão com o extrativo foi pesado. Depois de ter sido feita a pesagem, calculou-se o rendimento de extração e raspou-se os extrativos do frasco (Figura 2A) para posterior determinação de sua atividade antioxidante.

Figura 2A – Retirada de extrativos das madeiras: (1) evaporação do solvente no evaporador rotativo; (2) extração de madeira de cedro pelo método Soxhlet; (3) extração de madeira de freijó pelo método Soxhlet.



O rendimento de extração foi calculado como massa do extrativo (g)/100g de material vegetal seco. Os extrativos foram armazenados em frascos de amostras em geladeira.

1.3. MEDIÇÃO ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH

Para avaliar a atividade antioxidante dos extrativos das madeiras das duas espécies foi utilizado o método de capacidade de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), de acordo com Melo et al. (2006), que utilizou solução de DPPH em metanol. Os extrativos retirados pelo extrator do tipo Soxhlet com os diferentes solventes foram analisados quanto a suas características antioxidantes.

O ensaio da atividade sequestradora de radicais livres de 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) é um ensaio em que um radical livre estável pode aceitar um elétron ou hidrogênio para se tornar uma molécula diamagnética estável. Devido ao seu elétron adicional, a solução metanólica do DPPH mostra uma forte banda de absorção a 517 nm. O radical DPPH reage com o agente redutor adequado, produzindo uma nova ligação, alterando assim a cor da solução. A solução perde cor com o aumento da concentração de antioxidantes como os elétrons, absorvidos pelo radical DPPH do antioxidante. Essa reatividade tem sido usada para testar a capacidade de extratos de plantas para atuar como sequestradores de radicais livres (NIMSE; PAL, 2015).

Foi medida uma massa aproximada de 0,01g de cada extrativo e adicionou-se 20 ml de metanol, esta mistura ficou por 5 minutos em banho ultrassônico. De acordo com a prática padrão em espectrofotometria é recomendado envolver o frasco que for utilizado em folha de papel alumínio, diminuindo a perda de radicais livres, ou seja, diminuindo o efeito da luz ambiente no resultado do experimento (MOLYNEUX, 2004).

Os extrativos obtidos com 96% de etanol e acetato de etila em diferentes concentrações foram adicionados a 2,5 ml de solução de DPPH, cobertos com folha de alumínio e deixados reagir por 30 minutos à temperatura ambiente (Figura 3A). As concentrações de substrato podem ser inicialmente escolhidas em uma ampla faixa para varrer a plotagem de titulação, mas quando o ponto esperado for encontrado, os valores devem ser espaçados uniformemente (MOLYNEUX, 2004).

Após 30 minutos, os valores de absorbância foram medidos a 517 nm usando o espectrofotômetro Camber UV-Visível M501 (Figura 4A) e os valores obtidos foram convertidos em atividade antioxidante percentual.

Figura 3A – Frascos contendo a mistura de DPPH e extrativo com metanol protegidos com papel alumínio.

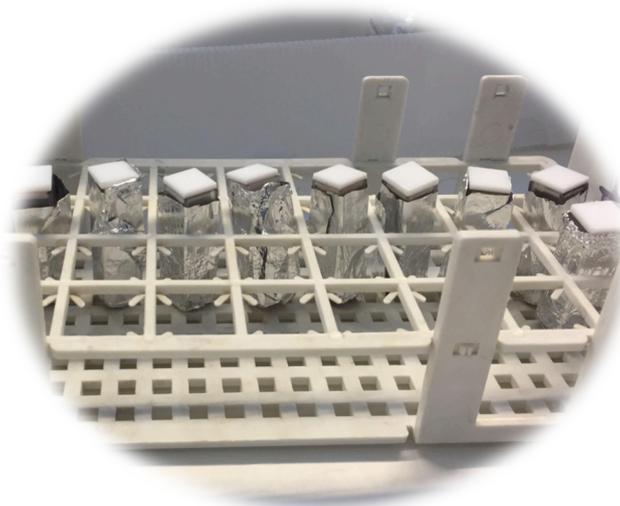


Figura 4A – Espectrofotômetro M501 UV – Visível de feixe simples da marca Camspec, usado no teste de medição antioxidante.



As atividades antioxidantes dos compostos ou extrativos de teste foram expressas como CE_{50} (Concentração Efetiva 50%), definida como a concentração do material de teste ($\mu\text{g mL}^{-1}$) necessário para eliminar 50% da concentração inicial de DPPH, quanto mais baixo o seu valor, maior é a eficiência do antioxidante (VIEIRA et al., 2015). A atividade

antioxidante das amostras por sequestro do DPPH foi expressa em porcentagem, segundo a equação 1A.

$$\% \text{ de inibição do DPPH}^* = \frac{Abs_{DPPH}^* - Abs_{amostra}}{Abs_{DPPH}^*} * 100 \quad \text{Equação 1A}$$

Em que: Abs_{DPPH}^* = Absorbância da solução de DPPH;

$Abs_{amostra}$ = Absorbância da fração.

As substâncias antioxidantes presentes nos extrativos reagem com o DPPH que é um radical estável, e o converte-o em 2,2-difenil-1-picril-hidrazina. O grau de descoloração indica o potencial antioxidante do extrato. Um extrato que exibe alto potencial em sequestrar radicais livres tem baixo valor de CE_{50} . Assim, uma pequena quantidade de extrato é capaz de diminuir a concentração inicial do radical DPPH em 50%, ou seja, inibir a oxidação do radical em 50% (VIEIRA et al., 2015).

Todas as medidas foram realizadas em três paralelos, com exceção do extrativo de n-pentano, uma vez que o rendimento de extração foi muito baixo, produzindo menos de 20 mg de extrato de *Cordia goeldiana*.

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.1. TEOR DE EXTRATIVOS

A tabela 1A mostra os valores de extrativos com os três solventes utilizados, para as duas espécies estudadas (cedro - *Cedrela odorata* e freijó - *Cordia goeldiana*). A Figura 5A mostra os extrativos já retirados no balão de fundo redondo após evaporação de solventes.

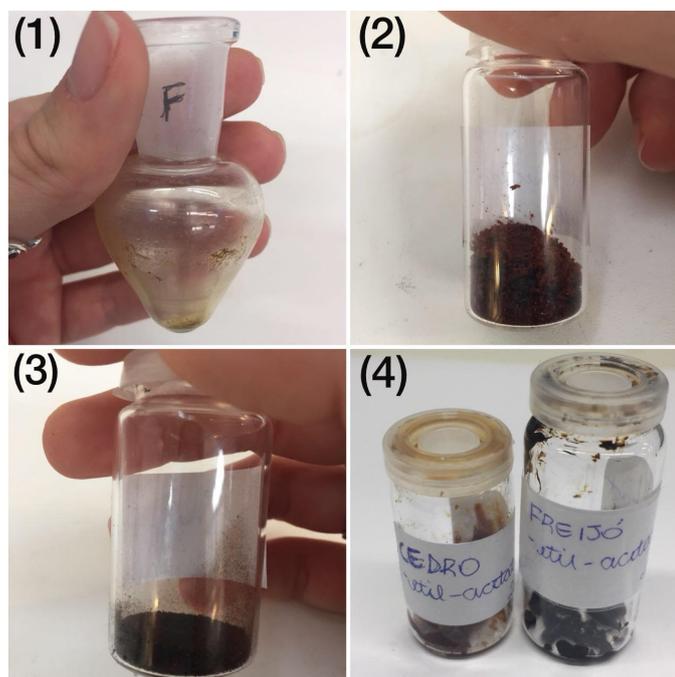
O cedro foi a espécie que apresentou as maiores quantidades de extrativo extraídos com todos os solventes e o composto alcoólico (etanol 96%) foi o solvente que extraiu a maior quantidade de extrativo para as duas espécies.

Tabela 1A – Percentagem de extrativos extraídos em cada solvente para as das duas espécies estudadas.

Espécies	Solventes	Total extraído (g)	Porcentagem de extrativo
<i>Cedrela odorata</i> (cedro)	etanol 96%	1,73	6,38% ± 0,03 a
	acetato de etila	0,65	4,31% ± 0,16 b
	n-pentano	0,85	3,12% ± 0,90 b
<i>Cordia goeldiana</i> (freijó)	etanol 96%	1,37	4,83% ± 0,35 a
	acetato de etila	0,65	2,38% ± 0,33 b
	n-pentano	0,06	0,21% ± 0,03 c

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada espécie de madeira não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Figura 5A – Extrativos obtidos das madeiras: (1) extrativo de freijó retirado com n-pentano; (2) extrativo de cedro retirado com etanol 96%; (3) extrativo de freijó retirado com etanol 96%; (4) extrativos de cedro (esquerda) e freijó (direita) ambos retirados com acetato de etila.



1.2. MEDIÇÃO ANTIOXIDANTE PELO MÉTODO DPPH

Conforme já mencionado, na avaliação de atividade antioxidante dos extrativos das madeiras estudadas foi utilizado o método de capacidade de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).

A evolução da reação de medição antioxidante depende da natureza antioxidante presente nos diferentes extrativos estudados. Os frascos transparentes contendo as misturas com diferentes concentrações de metanol, extrativo e com 2,5 ml de DPPH, tiveram suas cores medidas pelo espectrofotômetro, após ficarem exatamente 30 minutos de repouso no escuro.

A Tabela 2A demonstra o potencial dos diferentes extrativos em sequestrar radicais livres, expresso como concentração final do extrativo necessária para inibir a oxidação do radical DPPH em 50%. Cada extrativo teve a sua atividade antioxidante testada em 7 diferentes concentrações. Estas concentrações foram escolhidas de acordo com a atividade antioxidante observada durante o experimento. Os extrativos etanólicos das duas espécies foram os que apresentaram maior atividade antioxidante. Já os extrativos de acetato de etila apresentaram pequenas mudanças de coloração na mistura, ou seja, pequena atividade antioxidante, tornando necessário o aumento da concentração para se observar maior capacidade antioxidante.

Tabela 2A – Atividade Antioxidante dos diferentes extrativos frente ao radical livre DPPH (CE₅₀).

Extrativos (espécie e solvente)	CE₅₀ (ug mL⁻¹)
Cedro (etanol 96%)	23,73 ± 2,9
Freijó (etanol 96%)	20,67 ± 1,8
Cedro (acetato de etila)	120,51 ± 27,6
Freijó (acetato de etila)	27,02 ± 0,8

As Figuras 6A e 7A mostram o resultado da atividade antioxidante em porcentagem dos extratos etanólicos e de acetato de etila exemplificados em diferentes concentrações de *Cedrela odorata* e *Cordia goeldiana*, determinada pelo ensaio do DPPH. Observando as Figuras 6A e 7A, verifica-se que todos os extratos tem atividade sequestradora do radical DPPH, contudo, o extrato de acetato de etila de cedro foi o menos ativo quando comparado com todos os outros.

Figura 6A - Atividade antioxidante de extrato etanólico.

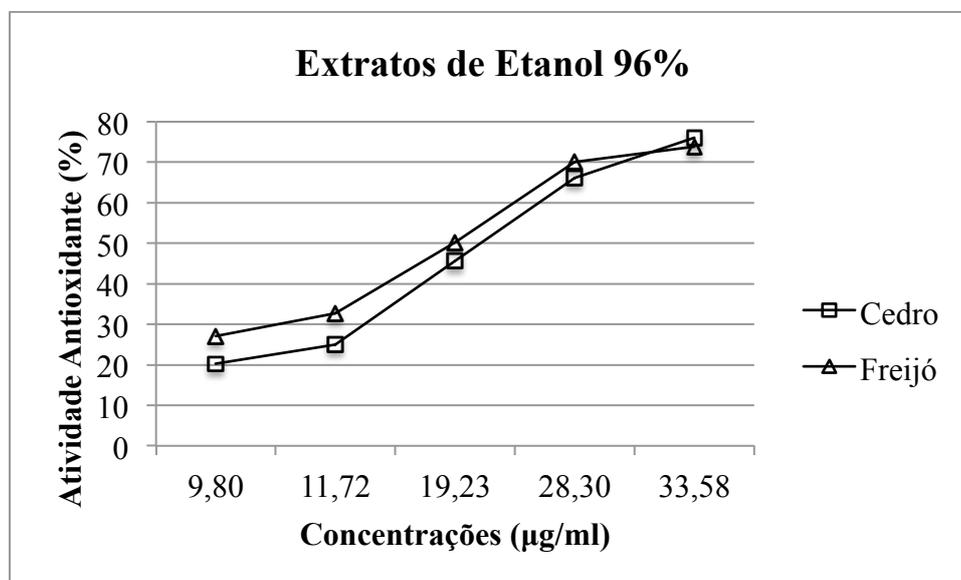
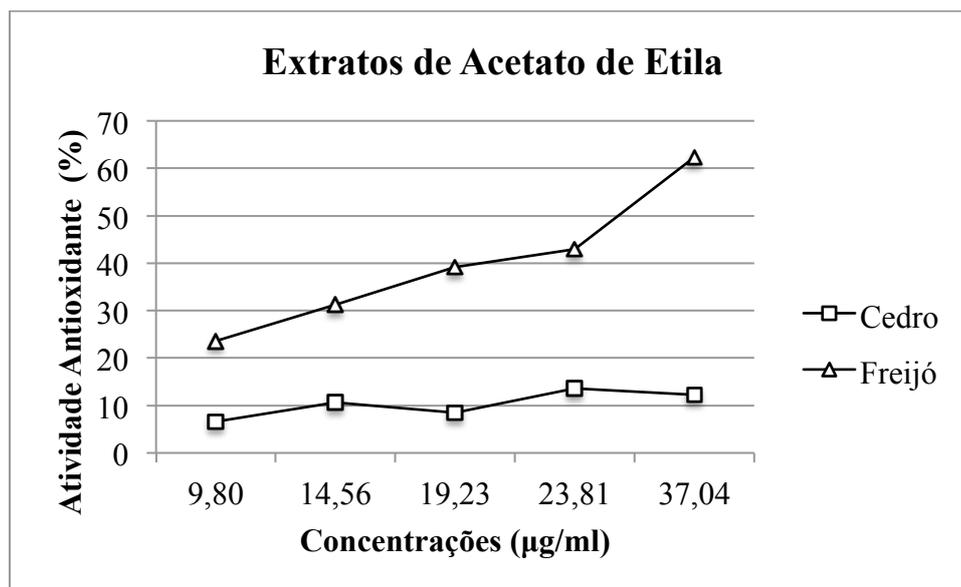


Figura 7A - Atividade antioxidante de extrato de acetato de etila.



As cores das diferentes misturas apresentaram variações de acordo com a capacidade antioxidante do extrativo. O extrativo de cedro retirado com acetato de etila apresentou menor atividade antioxidante se comparado com todos os outros extrativos. E os dois extrativos de freijó obtiveram maior atividade antioxidante comparado com os de

cedro retirados com os mesmos solventes. Lembrando que quanto mais baixo o valor, maior é a eficiência do antioxidante

Comparando os extrativos das duas espécies, o extrativo que apresentou maior atividade antioxidante foi o de freijó retirado com composto alcoólico.

Segundo estudos de Rocha, Barata e Moutinho (2015), o extrativo etanólico de *Cedrela odorata* é um potencial candidato à ser utilizado como antioxidante e fitoterápicos, pois foram encontrados em sua composição grandes quantidades de compostos sesquiterpenos, como tal-muurulol, δ -Cadieno, Di-epi- α -Cedreno, α -Copaeno e α -Calacoreno. Extrativos retirados da mesma espécie por diferentes solventes também foram considerados de grande potencial antioxidante no estudo de Rashed (2014).

Estudos de Ruvalcaba *et al.* (2017) mostraram que o extrativo de *Cedrela odorata* é muito eficiente atuando como inseticida contra cupins. Em Cuba, o cedro é cultivado em plantações comerciais em larga escala, e o estudo de García *et al.* (2008) relata que em extrativos vegetais avaliados contra cepas bacterianas, a maior atividade antibacteriana foi observada no extrato elaborado a partir da molhagem de madeira de *Tectona grandis* L. e *Cedrela odorata* L.

Utilizando estas informação para analisar os resultados encontrados no presente trabalho, pode-se afirmar também que os extrativos da madeira de freijó possui potencial para ser utilizado como antioxidante.

Desta forma, considerando a atividade antioxidante dos diferentes extrativos frente ao radical livre DPPH, o solvente alcoólico etanol seria o recomendado.

Como forma de comparação com os resultados de teor de extrativos obtidos e tendo como base a metodologia seguida por Silveira (2018), utilizou-se um método de extração mais simples, a extração por maceração com metanol (álcool). Este método requer materiais mais acessíveis e o solvente tem características químicas bastante similares ao etanol, além de ser uma das matérias prima mais consumidas na indústria química e também ser obtido comercialmente a partir da destilação destrutiva de madeira (PEREIRA; ANDRADE, 1998), indicando assim, maior afinidade com compostos madeireiros e sugerindo ser mais eficiente na retirada de extrativos.

3. CONCLUSÕES

Concluiu-se que, utilizando o método de extração Soxhlet com três diferentes solventes (etanol 96%, acetato de etila e n-pentano), a maior quantidade de extrativo

retirada, para todos os solventes, foi obtida pela madeira de cedro. Como o n-pentano extraiu menos que 1 grama de extrativo para ambas as espécies estudadas, o material não foi utilizado no ensaio de DPPH. O extrativo de freijó retirado etanol 96% apresentou maior atividade antioxidante, seguido pelo extrativo de cedro extraído com o mesmo solvente, este seguido pelo extrativo de freijó retirado com acetato de etila e por último, o extrativo de cedro retirado com acetato de etila, com atividade antioxidante bem inferior aos demais.

ANEXO B - Ensaio com Madeira com Aplicação de Metanol (branco)

Fez-se um tratamento com metanol puro para verificar a influencia do metanol presente na solução de extrativo (tratamento estudado). Seria a prova em branco.

1. COLORIMETRIA

As tabelas 1B e 2B mostram os valores médios dos parâmetros colorimétricos para madeira de cedro e freijó, respectivamente, com aplicação de metanol para todos os períodos de intemperismo artificial acelerado. Os valores de desvio-padrão foram pequenos e homogêneos, demonstrando uniformidade das amostras.

Na tabela 1B pode-se verificar que o parâmetro L* diminuiu nas primeiras horas, aumenta de valor a partir de 200 horas e volta a diminuir nas últimas horas, isso pode ocorrer pelo fato de os constituintes da madeira irem se oxidando em tempos diferentes, e este comportamento também ocorreu com as amostras testemunhas.

Tabela 1B - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de cedro com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	L*	a*	b*	C	h
	T 0h	62,10 a (1,28)	14,72 b (0,58)	25,25 c (0,44)	29,23 b (0,65)	59,77 cd (0,66)
	T 12h	53,88 bc (0,65)	17,97 a (0,57)	29,13 a (1,09)	34,23 a (1,23)	58,33 d (0,23)
	T 24h	52,55 bc (1,23)	17,51 a (0,72)	28,57 a (1,15)	33,51 a (1,35)	58,49 d (0,28)
	T 48h	51,85 bc (0,22)	16,82 a (0,34)	28,44 a (0,67)	33,04 a (0,74)	59,40 cd (0,12)
Metanol	T 96h	50,92 c (0,86)	15,14 b (0,15)	26,06 b (0,46)	30,14 b (0,37)	59,85 cd (0,59)
	T 200h	54,18 bc (0,70)	12,14 c (0,14)	22,86 cd (0,37)	25,89 c (0,36)	62,02 b (0,33)
	T 300h	54,70 b (0,93)	10,30 d (0,17)	20,39 e (0,43)	22,85 d (0,39)	63,20 ab (0,63)
	T 400h	54,62 b (2,04)	10,10 d (0,67)	20,58 e (0,62)	22,93 d (0,84)	63,87 a (0,92)
	T 600h	53,88 bc (1,47)	10,34 d (0,46)	21,03 de (0,74)	23,44 d (0,86)	63,83 a (0,23)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Fonte: a autora.

As coordenadas a* e b* apresentaram ao fim do intemperismo valores inferiores aos valores observados no tempo zero de intemperismo. A variável saturação (C) apresentou aumento do tempo zero até 12 horas de intemperismo e começo da diminuição em 24 horas até 300 horas, ao final esta variável volta a subir. O ângulo de tinta (h*) para madeira de cedro foi superior a 45°, confirmando o que já havia sido apresentado nos valores de b* que foram superiores ao de a*, demonstrando que a madeira de cedro com aplicação de metanol possui tonalidade mais amarelada. O mesmo foi verificado na amostra testemunha.

Na tabela 2B analisa-se os valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de freijó aplicada com metanol.

Tabela 2B - Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de freijó com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	L*	a*	b*	C	h
Metanol	T 0h	63,61 a (0,12)	8,69 c (0,27)	26,82 cd (0,32)	28,20 bc (0,32)	72,06 a (0,44)
	T 12h	60,92 b (0,67)	9,77 bc (0,17)	30,98 ab (0,14)	32,48 a (0,18)	72,51 a (0,21)
	T 24h	59,14 bc (0,82)	10,66 ab (0,33)	31,70 ab (1,34)	33,45 a (1,37)	71,40 ab (0,20)
	T 48h	56,90 cd (1,18)	11,55 ab (0,78)	32,36 a (1,32)	34,36 a (1,48)	70,37 bc (0,64)
	T 96h	55,13 d (1,52)	11,83 ab (0,45)	30,38 ab (0,62)	32,61 a (0,73)	68,74 c (0,36)
	T 200h	54,69 d (1,33)	12,22 a (0,32)	28,48 bc (0,34)	30,99 ab (0,43)	66,79 d (0,29)
	T 300h	55,18 d (0,47)	11,10 ab (0,78)	25,83 cd (1,20)	28,12 bc (1,41)	66,78 d (0,51)
	T 400h	54,22 d (2,16)	11,81 ab (1,07)	25,45 cd (1,46)	28,07 bc (1,76)	65,15 d (0,84)
	T 600h	53,99 d (1,63)	11,01 ab (1,69)	24,22 d (2,83)	26,62 c (3,25)	65,61 d (1,07)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Pode-se observar que o valor de L^* diminui do início até o tempo 200 horas, entre 200 e 300 horas este valor cresce e depois volta a diminuir até o fim da exposição ao intemperismo.

A coordenada a^* aumenta durante os intervalos e ao final do ensaio os valores tendem a se estabilizar, já a coordenada b^* e C aumentam até o tempo 48 horas e a partir daí decrescem e o ângulo de tinta para madeira de freijó também foi maior que 45° , similar ao que ocorreu com as amostras testemunhas. Os valores dos parâmetros colorimétricos das amostras de freijó tratadas com metanol foram ligeiramente maiores que os valores da testemunha.

Em relação a tabela de classificação da cor da madeira, a com aplicação de metanol não alterou a cor da natural da madeira para as duas espécies estudadas, recebendo a mesma classificação das amostras testemunha. Assim, comparando valores, conclui-se que os parâmetros colorimétricos das amostras de ambas as espécies sem tratamento e tratadas com metanol tem comportamentos similares entre si.

2. RUGOSIDADE

As tabelas 3B e 4B mostram as médias dos parâmetros de rugosidade para madeira de cedro e freijó, respectivamente, com aplicação de metanol para todos os períodos de intemperismo artificial acelerado. Os valores de desvio-padrão foram homogêneos e reduzidos, demonstrando uniformidade das amostras.

Na tabela 3B, pode-se observar que a madeira de cedro com aplicação de metanol sofreu variações significativas dos parâmetros R_a , R_z e R_q a partir das 300 horas de intemperismo. Esta madeira mostrou valores dos parâmetros similares ao da madeira sem tratamento.

Tabela 3B - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de cedro com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Cedro	T 0h	5,32 b (0,95)	33,91 b (4,06)	6,86 b (1,10)
	T 12h	6,26 b (0,58)	38,01 b (2,84)	8,08 b (0,68)
	T 24h	5,99 b (0,27)	36,64 b (3,27)	7,75 b (0,51)
	T 48h	6,33 b (0,52)	38,54 b (5,59)	8,19 b (0,84)
Metanol	T 96h	5,60 b (0,72)	35,28 b (5,28)	7,37 b (1,06)
	T 200h	6,69 b (1,11)	39,95 b (7,61)	8,64 b (1,66)
	T 300h	7,81 b (2,14)	45,83 ab (10,92)	9,98 ab (2,80)
	T 400h	8,98 ab (2,38)	50,87 ab (12,18)	11,44 ab (3,15)
	T 600h	12,07 a (2,51)	63,79 a (13,63)	15,11 a (3,35)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

A madeira de freijó tratada com metanol apresentou valores similares ao da testemunha, mas demonstrou diferença significativa apenas a partir de 200 horas. A testemunha de freijó evidenciou diferença significativa a partir das 12 horas.

Tabela 4B - Média dos parâmetros de rugosidade da madeira de freijó com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	Ra (μm)	Rz (μm)	Rq (μm)
Metanol	T 0h	10,19 b (2,67)	56,56 a (13,16)	13,09 b (3,27)
	T 12h	11,28 b (1,91)	60,42 a (9,37)	14,24 b (2,35)
	T 24h	11,03 b (1,06)	58,83 a (2,94)	14,10 b (1,04)
	T 48h	11,06 b (0,47)	58,84 a (1,13)	13,85 b (0,44)
	T 96h	11,01 b (2,75)	60,21 a (13,15)	14,01 b (3,43)
	T 200h	12,34 ab (2,50)	67,06 a (11,42)	15,57 ab (2,80)
	T 300h	13,58 ab (1,76)	69,31 a (6,62)	16,87 ab (2,09)
	T 400h	15,38 ab (2,63)	76,04 a (11,49)	18,84 ab (2,93)
	T 600h	17,92 a (2,51)	82,42 a (11,05)	21,56 a (2,82)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Analisando os valores no tempo zero e ao final da exposição ao intemperismo acelerado (600 horas) das duas espécies de madeira sem tratamento e com aplicação de metanol, depara-se com valores bastante similares, mostrando que o metanol não altera o desempenho da madeira em relação a rugosidade.

3. MOLHABILIDADE

As tabelas 5B e 6B mostram as médias dos ângulos de contato de gota séssil depositada na madeira de cedro e freijó, respectivamente, com aplicação de metanol para todos os períodos de intemperismo artificial acelerado. Pode-se perceber que os desvios-padrão para esta análise são maiores que os das demais análises pois o ensaio de deposição de gota é mais variável e mais complicado de ser realizado.

Analisando a tabela 5B observa-se que a madeira de cedro com aplicação de metanol antes de ser submetida ao processo de intemperismo possuía superfície permeável, com valores de ângulo de contato menores que 70°, esse valor aumenta nas 12 horas de intemperismo para maior que 80°, diminuindo a partir das 200 horas para valores ainda inferiores aos encontrados antes do intemperismo, aumentando novamente nas 300 horas e voltando a diminuir nas 400 e 600 horas para valores bem inferiores, comportamento também verificado na amostra testemunha.

Tabela 5B - Médias dos ângulos de contato de gota séssil com madeira de cedro com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Cedro	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Metanol	T 0h	68,61 abc (3,98)	49,14 ab (10,44)
	T 12h	83,78 ab (17,90)	70,93 ab (25,55)
	T 24h	81,24 ab (17,94)	65,58 ab (25,80)
	T 48h	101,11 a (6,44)	95,83 a (15,60)
	T 96h	82,50 ab (9,38)	66,44 ab (16,65)
	T 200h	58,08 bc (6,66)	36,54 b (10,64)
	T 300h	82,38 ab (12,27)	76,29 ab (18,05)
	T 400h	59,20 abc (22,02)	51,66 ab (20,18)
	T 600h	35,22 c (22,91)	26,11 b (27,95)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Analisando os valores dos diferentes tratamentos realizados, pode-se concluir que a aplicação de metanol não influencia na permeabilidade da madeira de cedro natural.

A tabela 6B mostra que a madeira de freijó tratada com metanol apresentou aumento de ângulo de contato mas sofreu baixas a 24 horas e 200 horas. A partir das 200 horas não houve aumento do ângulo de contato.

Tabela 6B - Médias dos ângulos de contato de gota séssil com madeira de freijó com aplicação de metanol para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Freijó	Tempo	Ângulo a 5 segundos	Ângulo a 25 segundos
Metanol	T 0h	55,99 ab (14,08)	0,02 b (0,04)
	T 12h	73,17 ab (32,97)	48,99 ab (46,00)
	T 24h	58,19 ab (12,50)	0,03 b (0,06)
	T 48h	96,47 a (11,10)	87,71 a (17,85)
	T 96h	86,56 ab (4,58)	78,30 a (13,42)
	T 200h	44,22 ab (32,23)	21,63 ab (27,19)
	T 300h	34,01 ab (47,24)	23,83 ab (41,27)
	T 400h	43,22 ab (10,10)	26,67 ab (20,70)
	T 600h	20,26 b (32,29)	15,64 ab (27,09)

T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

As médias seguidas pela mesma letra em uma mesma coluna dentro de cada tratamento não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores apresentados entre parêntesis referem-se ao desvio padrão.

Comparando as madeiras de freijó sem tratamento e aplicada com metanol percebe-se que a madeira com aplicação de metanol mostrou um desempenho inferior ao da testemunha. Este comportamento pode ser explicado pelo fato de o metanol, por ser líquido, ter molhado as amostras quando elas foram tratadas, aumentando a permeabilidade delas.

4. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO

As tabelas 7B e 8B mostram a variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros de madeira de cedro e freijó, respectivamente, com aplicação de metanol para todos os períodos de intemperismo artificial acelerado.

Na tabela 7B é possível perceber que para a madeira de cedro com aplicação de metanol a banda a lignina apresentou constante decréscimo e a banda de carbonila aumentou no início, mas nas 24 horas de intemperismo ela começa a decrescer, comportamento similar ao verificado na madeira sem tratamento.

Tabela 7B - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de cedro com aplicação de metanol.

Cedro	Tempo	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	Lignina (u.a/cm ⁻¹)
Metanol	T 0h	0,199	0,245
	T 12h	0,217	0,206
	T 24h	0,198	0,171
	T 48h	0,186	0,121
	T 96h	0,153	0,085
	T 200h	0,129	0,041
	T 300h	0,108	0,031
	T 400h	0,109	0
	T 600h	0,077	0

Em que: u.a - unidade de absorvância, T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

Observando a tabela 8B nos deparamos também com o constante decréscimo da intensidade de lignina na madeira de freijó com aplicação de metanol, e aumento de intensidade da banda de carbonila até as 12 horas, e decréscimo a partir daí, mesmo comportamento observado na madeira testemunha.

Tabela 8B - Variação na intensidade das bandas de lignina e carbonila dos espectros da madeira de freijó com aplicação de metanol.

Freijó	Tempo	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	Lignina (u.a/cm ⁻¹)
	T 0h	0,164	0,253
	T 12h	0,174	0,213
	T 24h	0,148	0,169
	T 48h	0,140	0,139
Metanol	T 96h	0,109	0,095
	T 200h	0,105	0,057
	T 300h	0,096	0,040
	T 400h	0,095	0,028
	T 600h	0,029	0,019

Em que: u.a - unidade de absorvância, T0h - zero horas de intemperismo, T12h - 12 horas de intemperismo, T24h - 24 horas de intemperismo, T48h - 48 horas de intemperismo, T96h - 96 horas de intemperismo, T200h - 200 horas de intemperismo, T300h - 300 horas de intemperismo, T400h - 400 horas de intemperismo, T600h - 600 horas de intemperismo.

Tendo como base as análises feitas anteriormente, é possível afirmar que, para ambas as espécies, a aplicação de metanol na superfície da madeira não altera o comportamento desta frente ao intemperismo em relação a variação da intensidade das bandas de lignina e carbonila.

5. CONCLUSÕES

Concluiu-se que as amostras de cedro que foram aplicadas com metanol (branco), solvente que foi utilizado para produzir a solução de extrativos, não demonstraram desempenho diferente da madeira de cedro testemunha submetida ao intemperismo em todos os ensaios realizados. O freijó com aplicação de metanol não apresentou comportamento diferente da madeira sem tratamento nos ensaios de colorimetria, rugosidade e espectroscopia no infravermelho médio, já nos ensaios de molhabilidade, os valores foram ligeiramente menores para as madeiras com aplicação de metanol.