



**COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E
TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM
DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO.**

**ROBERT ROSSI SILVA DE MESQUITA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

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

**COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E
TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM
DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO.**

ROBERT ROSSI SILVA DE MESQUITA

ORIENTADOR: JOAQUIM CARLOS GONÇALEZ

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM-268/2016

BRASÍLIA/DF: FEV – 2016

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E
TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM
DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO.**

ROBERT ROSSI SILVA DE MESQUITA

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

APROVADA POR:

Profº Dr. Joaquim Carlos Gonzalez (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Orientador)

Profº Dr. Alexandre Flória da Costa (Departamento de Engenharia Florestal, UnB);
(Examinador interno)

Profº Dr. Ricardo Faustino Teles (Professor Pesquisador - Instituto Federal de Brasília);
(Examinador externo)

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

Brasília, fevereiro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

MESQUITA, ROBERT ROSSI SILVA DE

COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO.

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

Departamento de Engenharia Florestal

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------|
| 1. Ensaio de Intemperismo artificial | 2. Produtos de acabamento |
| 3. Infravermelho médio | 4. Fotodegradação |
| I. EFL/FT/UNB | II. Título (série) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MESQUITA., R. R. S. (2016). Comportamento das madeiras de curupixá (*Micropholis* sp.) e tauari (*Couratari* sp.) submetidas ao intemperismo artificial com diferentes produtos de acabamento. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL.DM-XXA/XVI. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF. Xxxp

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Robert Rossi Silva de Mesquita.

TÍTULO: Comportamento das madeiras de curupixá (*Micropholis* Sp.) e tauari (*Couratari* Sp.) submetidas ao intemperismo artificial com diferentes produtos de acabamento.

GRAU: Mestre ANO: 2016

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. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Robert Rossi Silva de Mesquita

QSE 17 Casa 09, Taguatinga.

72.025-170 Brasília – DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas foram imensamente importantes durante o meu mestrado, diria que todas foram cruciais nesta jornada desde aqueles que me prestaram pequenos favores a aqueles que me ajudaram em soluções que sozinho certamente não conseguiria. Por muitas vezes, meu caminho por esta etapa acadêmica se mostrou difícil de percorrer, mas neste trajeto sempre houveram aqueles prontos a estender a mão e me ajudar a transpor todas as adversidades através de conselhos, críticas, conhecimento, torcida, e todo tipo de altruísmo, que me trouxeram ao fim desta jornada com a certeza de que sempre existirá alguém com que eu possa contar, é para vocês que agradeço:

Agradeço inicialmente aos meus pais, Francisco Valdete e Maria das Neves, que me mostraram o poder do estudo e da perseverança, e pela dedicação de toda uma vida aos filhos, muito obrigado.

Meu enorme obrigado para a pessoa que foi a mais presente, muito importante, que me ajudou muito e viu de perto tudo acontecer e tomar forma, minha querida companheira Marcella Hermida, obrigado por me mostrar sempre que eu sou capaz de conseguir qualquer coisa que sonhar, e por ser a pessoa que me faz viver um sonho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Joaquim Carlos Gonzalez, que sempre esteve disposto, entusiasmado e dedicado em ajudar a qualquer momento, partilhando de seu grande conhecimento acadêmico que levarei para a vida com muito orgulho.

Ao Mário Rabelo, uma das pessoas mais solícitas que já conheci, que com seu enorme conhecimento tecnológico e disposição em ajudar foi fundamental para que tudo permanecesse funcionando como deveria.

A Doutora Tereza Cristina Monteiro Pastore, que dispôs de tempo e equipamentos para me auxiliar sempre com muita simpatia, obrigado também pelo conhecimento transmitido.

Ao técnico de laboratório, Juraci, por sempre estar disposto a auxiliar nos experimentos.

A empresa JB madeiras, por ter cedido material utilizado no trabalho, estando à disposição do pesquisador, incentivando novas pesquisas no setor madeireiro.

Ao SFB por ter cedido espaço e equipamentos para a realização do trabalho, agradeço em especial ao pessoal do laboratório de energia: Gustavo, Bruno e Thiago, pela ajuda burocrática e pela amizade, agradeço também ao Ricardo que confeccionou os corpos de prova com maestria.

Aos professores do departamento de engenharia florestal da UnB, Drs. Alexandre Florian e Ailton Teixeira, muito obrigado pelo aprendizado.

RESUMO

COMPORTAMENTO DAS MADEIRAS DE CURUPIXÁ (*Micropholis* sp.) E TAUARI (*Couratari* sp.) SUBMETIDAS AO INTEMPERISMO ARTIFICIAL COM DIFERENTES PRODUTOS DE ACABAMENTO.

Autor: Robert Rossi Silva de Mesquita

Orientador: Joaquim Carlos Gonçalves

Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal

Brasília, fevereiro de 2016.

O trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de madeiras das espécies *Micropholis* sp. (curupixá) e *Couratari* sp. (tauari), sem produtos de acabamento e tratadas com verniz e polisten, submetidas ao intemperismo artificial. Para a execução do experimento foi utilizada câmara de envelhecimento artificial seguindo a norma ASTM G154 (2006). As amostras foram submetidas a 7 períodos de intemperismo totalizando 700 horas de exposição. Entre cada período foram analisados os parâmetros de cor, rugosidade e as modificações químicas presentes na superfície das madeiras. Para a obtenção dos parâmetros colorimétricos foi utilizado aparelho de espectrocolorimetria. Os dados de rugosidade foram obtidos com rugosímetro de arraste e analisados de acordo com a norma JIS 0601 (2001). As modificações químicas estruturais das superfícies das madeiras foram detectadas por espectrometria de reflectância difusa no infravermelho médio (DRIFT). Após o processo de intemperismo, as madeiras de curupixá e tauari sofreram variação da cor em todos os tratamentos, variando de apreciável a muito apreciável, indicando um processo de fotodegradação. O processo de intemperismo acarretou em aumento da rugosidade da superfície das espécies em todos os tratamentos, sendo maior o aumento em amostras das madeiras que não possuíam produtos de acabamentos. Menores variações de rugosidade superficial foram encontradas em amostras tratadas com verniz, mostrando que, este produto é mais indicado para aplacar alterações na textura superficial da madeira frente ao intemperismo. As análises utilizando espectroscopia no infravermelho médio se mostraram promissoras para estudos sobre degradação superficial da madeira. Para as duas espécies foi observado durante os tratamentos um aumento de concentração nos compostos carbonílicos resultantes da degradação da lignina pelo intemperismo artificial que após sua total eliminação, em conjunto com a ação de lixiviação na madeira, causaram redução nas concentrações carbonílicas. Os produtos de acabamentos mantiveram as concentrações de ligninas por mais tempo, garantindo maior proteção à madeira frente ao intemperismo. A única espécie de madeira que manteve algum nível de concentração de lignina ao final do tratamento foi o tauari tratado com polisten, indicando ser a mais resistente ao intemperismo. As técnicas utilizadas neste estudo (colorimetria, rugosidade e infravermelho médio) se mostraram eficientes para acompanhar o processo de intemperismo na madeira, sendo boas ferramentas no auxílio à compreensão deste processo.

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

ABSTRACT

BEHAVIOR OF THE CURUPIXÁ *Micropholis* sp. AND TAUARI *Couratari* sp. WOODS SUBMITTED TO ARTIFICIAL WEATHERING WITH DIFFERENT FINISHED PRODUCTS.

Author: Robert Rossi Silva de Mesquita

Advisor: Joaquim Carlos Gonçalez

Forestry Post-Graduation Program.

Brasilia, February de 2016.

This research aimed to evaluate how woods from the *Micropholis* sp. (curupixá) and *Couratari* sp. species without finishing products, and treated with Varnish and Polisten, behave when submitted to artificial weathering. In order to execute the experiment, a chamber of artificial aging was used, as stated by the ASTM G154 standard (2006). The samples were submitted to seven weathering periods, summing 700 hours. Between every period, the following parameters were analyzed: color, roughness and chemical changes on the surface of the woods. To obtain the colorimetric parameters was used the spectrum-colorimetry tool. Data of roughness was obtained using the rugosimeter and analyzed in accordance to the JIS 0601 standard (2001). A spectrometer was used to obtain the chemical modifications of wood surfaces, detected by diffuse reflectance spectroscopy in the mid-infrared (DRIFT). After the weathering process, the curupixá and tauari woods varied in color during all treatments, from appreciable to very appreciable, indicating a photo-degradation process. The weathering process increased the roughness on the surface of the species on all treatments, highlighting the increasing in woods that did not have finishing products. Lower variations regarding surface roughness were found on woods with varnish treatment; therefore, this product is indicated to modify the surface texture on wood against the weathering. The analysis using mid-infrared spectroscopy seemed promising for studies regarding surface damage on the wood. For both species, was observed that during the treatments the increasing of carbonyl compounds, resulted on the lignin damage caused by the artificial weathering, which after their elimination, along the leaching action on wood reduced the carbonyl compounds. The finishing products kept the lignin compounds for a little longer, assuring more protection against the weathering. The only wood that kept some level of lignin compounds by the end of the treatment was the tauari treated with polisten, being more resistant to the weathering. The techniques applied in this study (colorimetry, roughness and mid-infrared) were efficient to follow the weathering process on the wood, being good tools to help understanding the process.

Key words: wood, weathering, finishing products, roughness, colorimetry, mid-infrared.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.1 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPÓTESE.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ESPÉCIES EM ESTUDO	3
2.1.1 <i>Micropholis</i> sp. (curupixá).....	3
2.1.2 <i>Couratari</i> sp. (tauari).....	3
2.2 INTEMPERISMO NA MADEIRA.....	4
2.2.1 Fotodegradação na madeira.....	5
2.3 COR DA MADEIRA	7
2.3.1 Colorimetria	8
2.4 RUGOSIDADE SUPERFICIAL DA MADEIRA.....	11
2.5 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO	12
2.6 PRODUTOS DE ACABAMENTO SUPERFICIAL PARA MADEIRA	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 ORIGEM E PREPARO DOS CORPOS DE PROVA	15
3.2 ENSAIO DE INTEMPERISMO ARTIFICIAL	16
3.3 COLORIMETRIA DA MADEIRA	18
3.4 RUGOSIDADE DA MADEIRA.....	20
3.5 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO	21
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 COLORIMETRIA DA MADEIRA	24
4.2 RUGOSIDADE DA MADEIRA.....	35
4.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO	42
5 CONCLUSÕES.....	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Programação utilizada no experimento de intemperismo artificial.	18
Tabela 3.2. Descrição de cada período de intemperismo.	18
Tabela 3.3. Classificação da variação total da cor (ΔE^*) de madeiras.	20
Tabela 4.1. Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de curupixá sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz e polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.	25
Tabela 4.2. Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de tauari sem tratamento (testemunha), tratadas com verniz e polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.	27
Tabela 4.3. Variação total da cor (ΔE) para madeira de curupixá sem tratamento, e tratada com verniz e polisten para cada tempo de exposição.	29
Tabela 4.4. Variação total da cor (ΔE) na madeira de curupixá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.	29
Tabela 4.5. Variação total da cor (ΔE) para madeira de tauari sem tratamento, e tratada com verniz e polisten para cada tempo de exposição.	30
Tabela 4.6. Variação total da cor (ΔE) na madeira de curupixá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.	30
Tabela 4.7. Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de curupixá sem tratamento e tratadas com verniz e polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.	35
Tabela 4.8. Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de tauari sem tratamento e tratadas com verniz e polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.	36
Tabela 4.9. Variação na intensidade das bandas de carbonila, lignina e celulose dos espectros da madeira de curupixá sem aplicação de produto, tratada com verniz e polisten.	48
Tabela 4.10. Variação na intensidade das bandas de carbonila e lignina dos espectros da madeira de tauari sem aplicação de produto, tratada com verniz e polisten.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Radical guaiacol formado após na radiação da madeira	6
Figura 2.2. Espectro visível (in: gouveia, 2008).....	9
Figura 2.3. Espaço de cor tridimensional do sistema cie-l*a*b*1976. (in. Konica minolta, 1998).....	10
Figura 3.1. Equipamento de envelhecimento acelerado <i>quv/spray</i>	16
Figura 3.2. Detalhes do mecanismo do equipamento. Fonte: q-lab (2011).....	17
Figura 3.3. Esquema do ensaio de intemperismo em câmara de envelhecimento artificial.17	
Figura 3.4. Espectrofotômetro coloreye xth marca x-rite.....	19
Figura 3.5. Rugosímetro mituoyo suftest modelo sj-400 em esquema de utilização descrito para o experimento.	20
Figura 3.6. Espectrofotômetro tensor 37, marca bruker.	22
Figura 3.7. Dispositivo de reflectância difusa easydiff da marca pike.....	22
Figura 3.8. Espectro de curupixá com os picos de interesse dos quais suas áreas sofreram integração para quantificação química	23
Figura 4.1. Curvas de reflectância da madeira de curupixá sem tratamento, e tratadas com verniz e polisten antes e após o intemperismo acelerado.	31
Figura 4.2. Curvas de reflectância da madeira de tauari, sem tratamento, e tratadas com verniz e polisten antes e após o intemperismo acelerado.	32
Figura 4.3. Superfície da madeira de curupixá antes e após a exposição ao intemperismo acelerado com o aumento de 20x.	33
Figura 4.4. Superfície da madeira de tauari antes e após a exposição ao intemperismo acelerado com o aumento de 20x.	33
Figura 4.5. Superfície da madeira de curupixá sem tratamento e sem ação do intemperismo (a); sem tratamento após ação do intemperismo (b); tratadas com verniz após ação do intemperismo (c) e tratada com polisten após ação do intemperismo (d).	34
Figura 4.6. Superfície da madeira de tauari sem tratamento e sem ação do intemperismo (a); sem tratamento após ação do intemperismo (b); tratadas com verniz após ação do intemperismo (c) e tratada com polisten após ação do intemperismo (d).	34

Figura 4.7. Perfil da rugosidade (ra) da madeira de curupixá sem tratamento (a) e tratada com verniz (b).....	38
Figura 4.8. Perfil da rugosidade (ra) da madeira de curupixá sem tratamento (a) e tratada com polisten (b).....	39
Figura 4.9. Resultados dos parâmetros ra e rz e rt de acordo com o tempo de exposição de intemperismo acelerado para a madeira de curupixá sem tratamento (testemunha) e tratada com verniz e polisten. Onde: colunas agrupadas por tempo seguidas pela mesma letra minúsculas não apresentam diferenças significativas pelo teste de tukey, ao nível de 5% de significância ($p>0,05$).....	40
Figura 4.10. Resultados dos parâmetros ra e rz e rt de acordo com o tempo de exposição de intemperismo acelerado para a madeira de tauari sem tratamento (testemunha) e tratada com verniz e polisten. Onde: colunas agrupadas por tempo seguidas pela mesma letras minúsculas não apresentam diferenças significativas pelo teste de tukey, ao nível de 5% de significância ($p>0,05$).	41
Figura 4.11. Espectros drift das madeiras estudadas.	42
Figura 4.12. Evolução dos espectros drift da madeira de curupixá (a) e tauari (b), sem tratamento, com o tempo de intemperismo artificial.....	43
Figura 4.13. Espectros da madeira de curupixá e tauari, respectivamente, sem tratamento (testemunha), e tratadas com verniz e polisten, antes do processo de envelhecimento artificial acelerado.....	44
Figura 4.14. Espectros drift da madeira de curupixá sem produto (a), tratada com verniz (b) e tratada com polisten (c), antes (0h) e após (700h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	46
Figura 4.15. Espectros drift da madeira de tauari sem produto (a), tratada com verniz (b) e tratada com polisten (c), antes (0h) e após (700h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.....	47
Figura 4.16. Variação de intensidade da madeira de curupixá sem produto de acabamento (a), e tratada com verniz (b) e polisten (c), durante o intemperismo artificial acelerado....	50
Figura 4.17. Variação de intensidade da madeira de tauari sem produto de acabamento (a), e tratada com verniz (b) e polisten (c), durante o intemperismo artificial acelerado.	51

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

a*	Eixo cromático vermelho-verde
b*	Eixo cromático amarelo-azul
C*	Cromaticidade
CIE	<i>Comission International 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*	Claridade ou luminosidade
Ra	Média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil
Rt	Soma da altura do pico máximo do perfil e a profundidade do vale máximo do perfil sobre a extensão avaliada
Rz	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
UV	Raios ultravioletas
u.a	Unidades de absorbância
Yi	Desvios do perfil de rugosidade superficial da madeira
Ypi	Picos mais altos do perfil de rugosidade superficial da madeira
Yvi	Vales mais profundos do perfil de rugosidade superficial da madeira
Yp	Pico mais alto do perfil de rugosidade superficial da madeira
Yv	Vale mais profundo do perfil de rugosidade superficial da madeira
Δa	Varição do parâmetro a*(parâmetro colorimétrico do eixo de cores vermelho-verde) entre ciclos
Δb	variação do parâmetro b*(parâmetro colorimétrico do eixo de cores amarelo-azul) entre ciclos.
ΔE	Varição da cor
ΔL	Varição da luminosidade entre ciclos

1 INTRODUÇÃO

A madeira é utilizada largamente em diversos segmentos industriais. O setor florestal brasileiro é responsável por grande parte da produção econômica sendo seus produtos madeireiros e derivados empregados na construção civil, movelaria, produção de papel e celulose, embalagens, produção de energia entre outros.

O mercado madeireiro brasileiro comercializa diversas espécies nativas e de florestas plantadas. A introdução de espécies menos conhecidas como, por exemplo, a tatajuba, o curupixá, o tauari, o acapu e a andiroba dentre outras hoje são uma realidade nos mais variados segmentos que utilizam a madeira como matéria prima. É bem verdade que muitas destas espécies ainda carecem de informações técnicas para um melhor aproveitamento e usos mais apropriados.

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. O uso apropriado da madeira é determinado pelo seu desempenho de acordo com a finalidade. Entretanto este desempenho pode ser alterado pelo processo de deterioração ocasionado pelo tempo atrelado a ação de vários outros fatores. A madeira exposta à radiação solar está sujeita à deterioração superficial, ou a chamada fotodegradação, diminuindo o seu tempo útil de vida.

Inicialmente, ocorre uma mudança de cor e depois a perda de suas propriedades mecânicas (GONÇALEZ et al., 2010). Sendo um material orgânico complexo, a madeira pode sofrer deterioração de forma natural por fatores como, calor, luz, umidade e desgastes físicos causados por forças mecânicas.

A ação de um ou mais fatores climáticos, pode ser chamado de intemperismo, pois, segundo Hon (2001), o intemperismo é uma complexa combinação da ação do sol, da chuva ou da umidade e dos ventos que incidem na superfície da madeira.

Temiz et al. (2005), afirma que a degradação fotoquímica se manifesta por uma mudança na superfície da madeira, através da modificação da cor inicial seguida por perda de claridade e alteração da rugosidade. Ainda de acordo com o autor a mudança da cor da madeira ocorre devido principalmente pela radiação ultravioleta presente nos raios solares,

a qual atua com a umidade, temperatura, e agentes oxidantes como, por exemplo, o oxigênio e/ou ozônio, para despolimerizar a lignina e a celulose da parede celular da madeira.

Ainda que a ação do intemperismo seja limitada à superfície da madeira, trata-se de um problema para os seus usuários, pois afeta o desempenho dos produtos aplicados sobre a mesma. Gonzalez (1993) menciona que a cor é um fator preponderante no mercado madeireiro, muitas vezes, determinando seu preço final, sobretudo quando servirá de matéria prima para a manufatura de móveis que requer uniformidade e reprodutibilidade do produto final.

1.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo principal estudar o efeito do intemperismo artificial nas propriedades colorimétricas e na superfície das madeiras das espécies *Micropholis* sp. e *Couratari* sp. não tratadas, tratadas com verniz e tratadas com polisten.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar as modificações de cores e dos grupos químicos funcionais nas superfícies das madeiras devido ao intemperismo artificial por meio das técnicas colorimétricas e MIR;
- Avaliar as modificações na rugosidade das superfícies das madeiras;
- Verificar a influência dos produtos de acabamento no processo de intemperismo;
- Classificar a espécie e o produto de acabamento mais resistentes à radiação ultravioleta (UV) nas condições experimentais reproduzidas.
- Contribuir para o conhecimento tecnológico das duas espécies estudadas (curupixá e tauari), colocando à disposição do mercado informações importantes sobre estas madeiras.

1.2 HIPÓTESE

A aplicação de produtos de acabamento na madeira proporciona maior resistência a ação do intemperismo, tornando sua cor mais estável ao longo do tempo e preservando sua superfície.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESPÉCIES EM ESTUDO

2.1.1 *Micropholis* sp. (curupixá)

A espécie *Micropholis* sp, conhecida popularmente como curupixá, pertence à família Sapotaceae, e é conhecida também como: abiorana-mangabinha, abiu-guajará, gogó-de-guariba, rosadinho, guajará, grumixá e grumixava. Ocorre exclusivamente na flora brasileira, distribuída nos estados do Amazonas, Maranhão, Pará e Rondônia. Esta madeira possui cerne marrom a marrom-rosado pouco distinto do alburno marrom-claro, anéis de crescimento pouco distintos, grã ondulada a direita, textura fina, brilho moderado e cheiro imperceptível. Sua madeira tem densidade a 12% de umidade de 790 kg/m³ e densidade verde de 1,210 kg/m³. Sua secagem é rápida, apresentando tendências: ao arqueamento moderado e rachaduras leves moderadas (SOUZA, 1997). Ainda de acordo com o autor, a madeira de curupixá é de fácil processamento no torno e na broca, resultando em excelente acabamento, seu cerne é moderadamente resistente à podridão-branca e muito resistente à podridão-parda, suscetível ao ataque de cupins de madeira seca e pode ser utilizada na construção civil, em torneados, movelaria, artigos domésticos e decorativos, brinquedos, produção de chapas entre outros.

2.1.2 *Couratari* sp. (tauari)

A espécie *Couratari* sp. conhecida popularmente como tauari pertence à família Lecythidaceae, e é conhecida também como: imbirema, tauari-amarelo, tauari mourão e estopeiro. Ocorre na flora brasileira, distribuída nos estados do Amazonas, Acre, Pará, Mato Grosso, Maranhão e Rondônia e também em outros países: Guiana, Guiana Francesa, Suriname. Esta madeira possui o cerne e alburno indistintos, branco-amarelado e marrom-amarelado-claro, anéis de crescimento pouco distintos, grã direita, textura média, brilho moderado, cheiro pouco perceptível e gosto levemente amargo. Sua densidade varia de leve a média, conforme a espécie. Sua secagem é muito rápida em estufa e, normalmente, não apresenta defeitos significativos (SOUZA, 1997; GARCIA et al, 2012). Ainda de acordo com o Souza (1997), a madeira de tauari é de fácil processamento, gerando superfície de

acabamento lisa e de boa colagem, algumas espécies têm uma tendência a manchar (mancha azul), devendo ser utilizadas secas e protegidas da umidade e de insetos e podem ser utilizadas na construção civil e naval, movelaria, artigos domésticos e decorativos, brinquedos, instrumentos musicais, caixas, engradados, peças encurvadas, marcenaria, lâminas, compensados e outros.

2 2 INTEMPERISMO NA MADEIRA

A superfície da madeira é vulnerável à diferentes fatores destrutivos, tais como os raios UV. Quando a madeira é utilizada em ambientes externos, acaba sempre exposta ao fenômeno de intemperismo. A ação do intemperismo resulta em alterações indesejáveis à superfície da madeira como mudança de cor, aumento da rugosidade superficial, rachaduras e fissuras superficiais e reações químicas de seus constituintes (AFROUZI et al., 2014; LIMA et al, 2013).

O intemperismo, ação conjunta do sol, da chuva ou umidade e dos ventos, é um processo superficial iniciado pela luz solar que penetra apenas 2,0 mm abaixo da parte externa da madeira (PASTORE et al., 2008).

Pastore et al. (2008) e Silva et al. (2007) afirmam que as cores das madeiras sofrem com a ação do intemperismo sejam pela lixiviação ocasionada pela chuva ou ainda pela incidência da luz.

Ainda de acordo com Pastore (2008), a radiação ultravioleta (UV) do espectro solar é o fator considerado mais prejudicial, pois desencadeia reações de decomposição química, levando à formação de radicais livres que atacam os principais constituintes da madeira. Embora a ação do intemperismo seja superficial, constitui um problema para os usuários de madeira porque afeta tanto a sua aparência estética como o desempenho dos produtos de proteção aplicados sobre ela. Quando submetida ao intemperismo, a madeira sofre danos que são inicialmente detectados pela variação de cor, porém podem chegar a comprometer as propriedades químicas, físicas e mecânicas.

Segundo Creemers et al. (2002), todos os elementos do clima influenciam mutuamente, intensamente e de forma complexa, os danos sobre a madeira. No entanto, pode-se afirmar que a radiação solar e a precipitação são dominantes em relação aos outros mecanismos do intemperismo.

Barreto e Pastore (2009), testaram a resistência ao intemperismo artificial de madeiras de garapeira (*Apuleia leiocarpa*), tauari (*Couratari stellata*), itaúba (*Mezilaurus itauba*) e marupá (*Simarouba amara*) e o efeito de seus extrativos, foi observado que todas as madeiras sofreram alteração de cor causada pelo intemperismo simulado e que não houve a participação dos extrativos no processo de fotodecomposição das madeiras utilizadas.

Em estudo sobre o envelhecimento artificial acelerado por radiação UV em madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea var. hondurensis*, Martins, et al (2010) observaram que a exposição às radiações ultravioletas causou o escurecimento das duas madeiras em estudo, sendo que a maior alteração de cor ocorreu nas primeiras horas de irradiação. A madeira de *E. benthamii* em corte tangencial é mais susceptível à fotodegradação quando comparada a madeira de *P.caribaea var. hondurensis* em corte radial.

2.2.1 Fotodegradação na madeira

A fotodegradação da madeira é um fenômeno superficial, devido à grande quantidade de grupos ou sistemas cromóforos dos componentes distribuídos na camada externa que impedem a entrada da luz na madeira (COSTA et al., 2011; LIMA, 2013). Registros históricos indicam que, mesmo após 100 anos de exposição contínua à luz, a madeira é erodida em não mais que sete milímetros (CHANG e FIEST, 1982).

Segundo Baysal et al. (2014), além da alteração de cor, a exposição prolongada a luz altera as fibras superficiais da madeira devido a despolimerização da lignina e de hidratos de carbonos que compõem a parede celular.

A madeira exposta a luz sofre decomposição de todos os seus componentes químicos majoritários: celulose, lignina, hemicelulose e extrativos (HON, 2001).

Para melhor compreensão, o mecanismo geral de fotodegradação da superfície das madeiras é comumente dividido em dois processos distintos. O primeiro diz respeito a degradação conjunta da celulose e hemicelulose, por serem quimicamente semelhantes e o segundo, diz respeito a degradação da lignina. Na celulose, a presença de energia com comprimentos de onda maiores que 340 nm e oxigênio provocam formação de radicais alcoxi e carbônicos, quando comprimentos de ondas são maiores que 280nm, ocorre a desidrogenação, e quando maiores que 254 nm ocorre a quebra da cadeia lateral da celulose. Geralmente os radicais alcoxi são estáveis, comparados com os radicais carbônicos que na

presença de oxigênio sofrem reações sendo transformados em radicais hidroperóxidos (PASTORE, 2004).

A lignina é o principal constituinte responsável pela fotodegradação da madeira. Sua estrutura fenólica possui grupos cromóforos que sofrem a ação dos raios ultravioletas. Os mecanismos de fotodegradação da lignina são complexos e geram diversos radicais fenólicos, sendo o principal deles o guaiacol (Figura 2.1). Este radical é transformado em estruturas quinóides, que são a origem do amarelecimento da superfície da madeira (GEORGE et al., 2005).

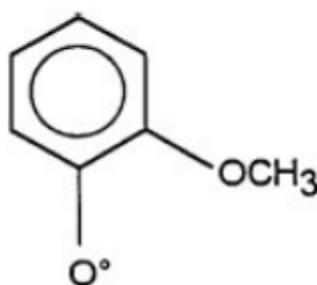


Figura 2.1. Radical guaiacol formado após na radiação da madeira. Fonte: (GOUVEIA, 2008)

Existem três caminhos que provocam a alteração do guaiacol: foto-redução com eliminação de um átomo de hidrogênio, que dá origem a um grupo cetil; clivagem da ligação éter- β -arila, resultando em um radical fenacil; e a transferência de energia, com eliminação de um átomo de oxigênio (GEORGE, et al., 2005; GOUVEIA, 2008; TELES, 2014).

De acordo com Pastore (2004), o processo de fotodegradação da madeira ocorre como descrito no esquema sequencial a seguir:

- Os cromóforos primários das ligninas absorvem luz ultravioleta (300 – 400nm);
- Nas ligninas, as ligações éteres são quebradas e novos radicais são formados;
- Os radicais reagem com a lignina para produzir outros radicais, do tipo fenóxi e cetílicos;
- Os radicais cetílicos são quebrados e dão origem a novos grupos fenóis e a cetonas, que agem como cromóforos secundários;
- Os fenóis são oxidados e formam quinonas amarelas e cetonas aromáticas;

- Os cromóforos secundários absorvem a luz e provocam novo ciclo de fotodegradação da lignina.

A madeira que sofreu irradiação pode apresentar descoloração, rachaduras e rugosidade na superfície e danos em sua microestrutura. Estas mudanças são causadas por modificações químicas severas na estrutura das celuloses, hemiceluloses e ligninas (HON e FEIST, 1992; PASTORE et al, 2004)

Tolvaj (1994), ao analisar a influência da radiação ultravioleta sobre a madeira de 16 espécies oriundas de regiões temperadas, e Martins et al. (2001), analisando a influência da radiação ultravioleta em madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, observaram que as alterações provocadas pela ação de radiação ultravioleta eram mais intensas durante as primeiras 20 horas de exposição, com um escurecimento elevado em todas as superfícies de espécies estudadas.

Em trabalho que estudou a fotodegradação de jatobá (*hymenaea courabiril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta, Costa (2011) concluiu que as madeiras das duas espécies estudadas sofreram alteração de cor causada pela fotodegradação, com classificação de cor de variação muito apreciável. O jatobá apresentou maior tendência para avermelhar-se, enquanto o tauari apresentou coloração oliva escura. A irradiação UV provocou escurecimento na cor das amostras, levando à diminuição na intensidade da luz refletida.

2.3 COR DA MADEIRA

A caracterização tecnológica da madeira vai além dos estudos anatômicos, físicos e mecânicos. Outros parâmetros, como a cor, os constituintes químicos, a secagem e a durabilidade natural, completam uma melhor caracterização e utilização de uma determinada espécie madeireira. Entretanto esses parâmetros são menos utilizados, talvez pela maior dificuldade da realização desses ensaios (GONÇALEZ et al., 2001).

De acordo com Camargos e Gonzalez (2001), a cor é uma das características mais importantes para a identificação e indicação de usos de espécies de madeira, principalmente quando associada aos aspectos de textura e desenho. Camargos (1999) afirma que se tratando da cor da madeira, a figura e a textura exercem grande influência na definição das cores, podendo ser avaliado quando são considerados os elementos anatômicos e os extrativos da madeira como componentes importantes na formação da cor.

A cor vem sendo considerada também como um indicador de qualidade da madeira já que é uma característica tão importante quanto as propriedades físicas e mecânicas. O consumidor ao comprar artefatos de madeira privilegia não somente quesitos como preço, qualidade e durabilidade, mas também a aparência do objeto e seu design, salientando assim a importância da cor no momento da escolha de um determinado produto. Há casos em que o comprador é especialmente seduzido pela cor, que pode ser limitante na decisão da compra, além do desenho, que deve apresentar harmonia (GONÇALEZ et al., 2006).

A escolha de uma espécie de madeira é influenciada, primeiramente, por suas características visuais, ou seja, cor e figura, e por meio dessas características é possível obter a valorização de espécies pouco conhecidas, podendo ser realizadas comparações com espécies já tradicionais, buscando semelhanças com as mesmas e induzindo a criação de termos de referência como: padrão mogno, padrão cerejeira, entre outros (LOPES, 2012).

Vários fatores podem influenciar na cor da madeira como composição química, anatomia, método de derrubada da árvore, posição da amostra na árvore, meio ambiente, altura, diâmetro e idade da árvore, além dos fatores genéticos inerentes a cada espécie (GONÇALEZ, 1993).

De acordo com Mady (2000), a cor da madeira deriva da composição química das substâncias presentes no xilema: taninos, fenóis flavonoides, estilbenos, quinonas e outros. Essas substâncias é que conferem cores diferenciadas ao lenho. A cor, entretanto, não é estável em uma madeira, uma vez que ela tende a alterar-se com o passar do tempo, escurecendo devido à oxidação causada principalmente pela luz, que reage com os componentes químicos como a lignina.

2.3.1 Colorimetria

A colorimetria é a ciência da 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 MINOLTA, 2014).

Ao passar a luz solar por um prisma pode se criar uma distribuição de cor como em um arco-íris e essa distribuição é conhecida como espectro. A razão pela qual o ser humano pode ver esse espectro é porque esse comprimento específico estimula a retina do olho

humano. O espectro está disposto em uma ordem: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta, de acordo com os diferentes comprimentos de onda de luz (Figura 2.2). A região da luz com os comprimentos de onda mais longos é vista como vermelha, e a região da luz com os comprimentos de onda mais curtos é vista como violeta (KONICA MINOLTA, 1998).

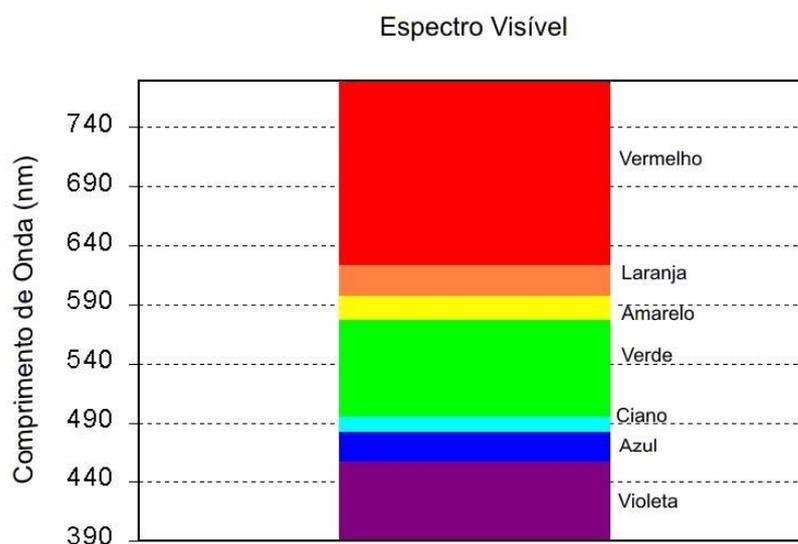


Figura 2.2. Espectro Visível (In: Gouveia, 2008)

No passado, vários estudiosos desenvolveram métodos utilizando fórmulas complexas para quantificar as cores e expressá-las numericamente, com o objetivo de tornar a comunicação mais fácil e mais precisa. Esses métodos visavam proporcionar uma forma numérica de expressar as cores, da mesma forma que nos expressamos em termos de comprimentos e pesos (KONICA MINOLTA, 1998).

A análise final da cor de qualquer produto lhe garante um padrão de qualidade de mercado, exigido mundialmente. Ela é um dos componentes da estética, que se associa à superfície e ao desenho de uma peça de madeira. Por esta razão, esta propriedade deve ser incorporada ao planejamento visando a caracterização tecnológica da madeira, para atender aos usos mais nobres desse material. Dada a variedade de formas de descrever precisamente uma cor, é que se criou um método capaz de discernir cientificamente e de modo preciso. Um método básico no qual as cores podem ser expressas de forma precisa e compreendidas e que é cada vez mais frequente, sendo utilizada para classificar e caracterizar a madeira e os derivados é a colorimetria, com base no sistema CIELAB 1976 (GONCALEZ, 1993).

O sistema CIE-L*a*b*, tem como base a norma CIE «Commission Internationale de L'Éclairage» 1976 e é caracterizado por três diferentes parâmetros (L^* , a^* e b^*) em um espaço de cor tridimensional como ilustrado na Figura 2 (KONICA MINOLTA, 1998).

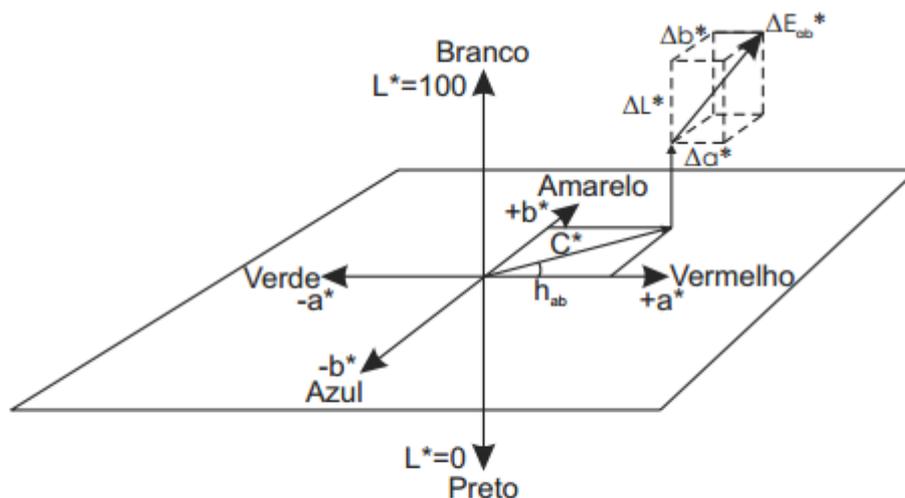


Figura 2.3. Espaço de cor tridimensional do sistema CIE-L*a*b*1976. (In. KONICA MINOLTA, 1998)

A variável L^* representa a luminosidade ou claridade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco) enquanto que, a^* e b^* representam as coordenadas cromáticas, ambas variando entre -60 e +60, o ângulo constituído pela reta C^* e pelo eixo a^* é chamado de h^* , correspondente ao ângulo de tinta, a variável C mostra o valor da saturação ou cromacidade da cor. No diagrama de cromaticidade CIE-L*a*b*, os sinais positivos e negativos significam: $+a^*$ aumento na cor vermelha, $-a^*$ aumento na cor verde, $+b^*$ aumento na amarela e $-b^*$ aumento na cor azul, representando a tonalidade, como mostrado na Figura 2.3 (KONICA MINOLTA, 1998).

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).

Barros et al. (2014), atribuiu a influência da maior presença do parâmetro b^* na coloração amarela das espécies Breu-vermelho, Tauari-vermelho e Pequiarana, por meio de colorimetria quantitativa, utilizando o sistema CIELAB de cores.

Teles e Costa (2014), estudaram a influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra, e observaram que nas primeiras horas ocorre uma alteração significativa em relação à cor original da madeira devido alta variação do parâmetro L* referente a luminosidade, que reduziu com o passar do tempo estabilizando a cor da madeira. O comportamento da variação colorimétrica nas primeiras horas de intemperismo acelerado foi semelhante ao encontrado por Costa et al. (2011) em trabalho ao qual analisou o efeito da fotodegradação em madeiras de jatobá (*Hymenaea courbaril*) e tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta.

2.4 RUGOSIDADE SUPERFICIAL DA MADEIRA

A superfície da madeira não é lisa, mesmo sendo lixada ou aplainada, devido às cavidades celulares presentes em sua superfície. Por isso a percepção tátil do homem é estimulada pela rugosidade ocasionada por detalhes morfológicos da superfície da madeira. A superfície desempenha um papel importante na utilização final da madeira, particularmente quando é utilizada como ornamento de interiores, pisos, móveis e ferramentas utilizadas pelo homem (SADOH e NAKATO, 1987).

Como em outros campos da engenharia, a pesquisa sobre a rugosidade da superfície é de suma importância para a indústria de processamento da madeira, devido ao seu efeito direto sobre a qualidade do produto (JAKUB e MARTINO, 2005).

No Brasil, a indústria de móveis está em crescente expansão, porém, não representa forte concorrente no mercado internacional devido à qualidade das superfícies usinadas. Mesmo com a disponibilidade de inúmeros métodos para determinação da rugosidade, são poucos os registros de uso frequente na indústria (KILIC et al., 2006).

De acordo com Silva et al. (2008), normalmente a qualificação da superfície usinada é feita por meio direto através da norma ASTM D1666-87 (1985), a qual apresenta um caráter subjetivo, ou por meio indireto através da determinação do avanço por dente (fz).

Existem vários equipamentos disponíveis para a medição da rugosidade superficial, porém o método com agulha (haste) tem sido muito usado para determinar a rugosidade da superfície de madeira sólida e compósitos de madeira, apresentando bons resultados (Silva et al., 2006; Varanda et al., 2010; Braga et al., 2010; Silva et al., 2008; Kilic et al., 2006; Burdurlu et al., 2005; Sulaiman et al., 2009). Uma das principais vantagens desse método é

a possibilidade de obter o real perfil da rugosidade da superfície e os parâmetros numéricos padrão, que podem ser calculados a partir do perfil.

Temiz et al. (2005) analisando a rugosidade da superfície de madeiras tratadas com conservantes submetidas ao envelhecimento artificial constatou que a água provoca a remoção de fibras e partículas produzidas pela ação UV, tornando a madeira mais áspera.

Hauptmann, et al. (2013), estudou a aparência óptica da madeira relacionada a nanoestrutura da rugosidade de sua superfície, utilizando como métodos o revestimento da madeira com diferentes óleos e a irradiação UV para alterar as nanoestruturas das superfícies da madeira de carvalho (*Quercus robur*) e bordo (*Acer pseudoplatanus*), e teve como resultado uma correlação clara entre a alteração da nanoestrutura com o brilho da superfície da madeira.

2.5 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO

As primeiras aplicações na região do infravermelho foram no intuito de monitoramento da qualidade e no controle de processos de indústrias petroquímicas durante a segunda guerra mundial para análise de combustíveis, lubrificantes e polímeros (COATES, 1999).

De um modo geral, consiste no estudo da radiação eletromagnética emitida ou absorvida por um corpo que pode ser luz visível, infravermelho, ultravioleta, raios-X, elétrons, etc. (SANTOS, 2011).

Somente nos anos setenta a espectroscopia no infravermelho próximo foi utilizada como uma técnica analítica, sendo que suas aplicações se voltavam basicamente aos produtos agrícolas e alimentícios (GODOY, 2010).

As técnicas de infravermelhos combinadas com ferramentas quimiométricas têm sido utilizados para análises qualitativas e quantitativas em vários campos incluindo, alimentos, solos, indústria farmacêutica e aplicações biomédicas. (NICOLAI et al., 2007; BURNS e CIURCZAK, 2007)

De acordo com Pastore (2004), o primeiro espectro de ligninas foi publicado em 1948. Mas foi com o advento da transformada de Fourier, há cerca de 30 anos, que os métodos espectroscópicos generalizaram-se 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.

Os métodos que empregam a espectroscopia no infravermelho proporcionam informações sobre a estrutura molecular de madeira sólida ou em pó e, em muitos casos, amostras de madeira pode ser analisada com pouco trabalho na preparação da amostra. Por isso, é possível obter informação sobre as interações à nível molecular entre polímeros de madeira em seu estado inicial. Além disso, estes métodos são rápidos e não destrutivos (NUOPPONEN, 2006).

A espectroscopia no infravermelho baseia-se na absorção de moléculas por frequências específicas que caracterizam suas estruturas com base nas bandas ou grupos em vibração (TEIXEIRA et al., 2009).

A região do espectro infravermelho abrange o intervalo de comprimento em número de onda de 12800 cm^{-1} a 10 cm^{-1} . Essa região é dividida em três partes, que recebem nomes de acordo com a sua proximidade do espectro visível. A região do infravermelho próximo (NIR), em que o número de onda varia de 12800 cm^{-1} a 4000 cm^{-1} ; médio (MIR) 4000 cm^{-1} a 200 cm^{-1} e distante 200 cm^{-1} a 10 cm^{-1} . (SKOOG et al., 2006).

De acordo com Nuopponen (2006), a maioria dos estudos publicados sobre a avaliação de propriedades da madeira sólidas por métodos espectroscópicos foram conduzidos usando espectroscopia NIR, há poucas publicações sobre a aplicação da espectroscopia MIR.

Pastore (2004) afirma que a espectroscopia DRIFT na faixa do infravermelho médio é um método adequado para acompanhar a fotodecomposição da superfície de madeiras, podendo ser utilizado em experimentos de intemperismo. Segundo o autor, a vantagem da espectroscopia de absorção no infravermelho (IR), sobre o método de espectrocolorimetria é que, enquanto este último detecta somente a variação da cor, o IR fornece informação mais detalhada sobre quais os componentes da madeira que estariam sendo modificados pela ação da luz UV.

De acordo com PASTORE (2004) espectros de polímeros naturais são muito parecidos, porém são de difícil interpretação, pois a intensidade e a localização das bandas variam de modo significativo, de acordo com o meio e os agrupamentos químicos presentes.

Segundo Toljav e Faix (1995), citado por Pastore (2004), o espectro da madeira é o resultado da sobreposição das bandas de ligninas, hemiceluloses, celulose e extrativos.

Nuopponen, et al. (2006) utilizando a técnica de espectroscopia por reflexão difusa no infravermelho médio com transformada de Fourier (DRIFT - MIR), para estimar a densidade e composição química de algumas espécies coníferas e tropicais, constata que o método é eficaz para a predição das propriedades de várias espécies de madeira quando comparado com métodos destrutivos convencionais.

Pastore (2004), utilizando a espectroscopia DRIFT na faixa do infravermelho médio para acompanhar a fotodecomposição da superfície de madeiras de angelim, garapeira, jatobá e marupá observou que espectros de diferenças espectrais das superfícies da madeira não-irradiada menos a irradiada mostraram ser muito eficientes para identificar bandas de absorção, resultantes de modificações fotoquímicas, caracterizando a formação de produtos cromóforos.

2.6 PRODUTOS DE ACABAMENTO SUPERFICIAL PARA MADEIRA

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 acabamentos, como vernizes, stains, tintas, podem prolongar a durabilidade da madeira fornecendo algum tipo de proteção superficial (González, 2010).

O método mais comum para proteger a madeira contra fatores atmosféricos e fotodegradação é o uso de revestimentos tais como; absorventes de UV e/ou antioxidantes, vernizes, stains, acabamentos orgânicos ou hidrorrepelentes (EVANS et al., 2005).

Nos últimos anos têm crescido a procura por produtos de revestimentos transparentes ou semi-transparentes que mantenham a aparência natural da madeira, tais como a cor, grã e textura (JIROUS-RAJKOVIC, et al., 2004; GEORGE, et al., 2005; SCRINZI, et al., 2011).

A eficiência da proteção depende também da opacidade do revestimento. A presença de absorventes de UV e de estabilizadores de luz nos sistemas de revestimento podem melhorar a estabilidade de luz e assegurar o desempenho a longo prazo em termos de brilho

e defeitos de superfície da madeira (SCHALLER e ROGEZ 2007; SCHALLER, C. et al., 2009).

O revestimento deve formar uma película, ser duro e elástico, estando perfeitamente aderido ao substrato, ser inerte à ação do ambiente e resistente a fatores físicos e químicos, por exemplo (SENAI, 1995).

Silva et al. (2007) testou a resistência de cinco espécies de madeiras tropicais ao intemperismo artificial tratadas com verniz poliuretânico transparente e com stain semitransparente. Os resultados mostraram que a aplicação do verniz ou do stain escureceu todas as madeiras, devido à redução na intensidade da luz refletida.

Gonzalez et al. (2010) utilizando Polisten e Seladora em madeiras de Freijó (*Cordia goeldiana* Huber) submetida ao efeito da radiação ultravioleta observaram que ao aplicar ambos os produtos, as madeiras tiveram sua cor original modificada no qual, a madeira tratada com seladora continuou modificando sua cor com o passar do tempo. No entanto, quando tratada com polisten a madeira permaneceu com sua cor preservada, após a modificação inicial.

Lima et al. (2013) utilizando lâminas de pau marfim (*Balfourodendron riedelianum*) tratadas com óleo de peroba e seladora, separadamente e em conjunto, submetidas a 500 horas de radiação UV, observou que para todos os tratamentos houve alterações nas cores das madeiras com o passar do tempo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ORIGEM E PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

As madeiras de *Micropholis* sp. (curupixá) e *Couratari* sp. (tauari) utilizadas neste estudo foram obtidas no mercado madeireiro local. Foram confeccionados 30 corpos-de-prova de cada espécie, com dimensões de 75x30x5mm (comprimento x largura x espessura, respectivamente), proveniente de 3 tábuas escolhidas ao acaso, medindo 1500 mm x 100 mm x 25 mm (comprimento x largura x espessura, respectivamente). Para cada corpo-de-prova, a superfície tangencial no qual seriam feitas as análises foi aplainada com o objetivo de eliminar qualquer impureza superficial ou marcas ocasionadas pela ação das lâminas de serra e efeitos já provocados pelas radiações ultravioletas, eliminando o risco destes efeitos afetarem o resultado do experimento. As amostras foram acondicionadas imediatamente em recipiente fechado para proteção contra a luz.

Foram feitos três tratamentos diferentes nas superfícies dos corpos de prova por espécie, sendo o primeiro tratamento a testemunha, ao qual não foi aplicado nenhum produto de acabamento em sua superfície, sendo base comparativa no experimento, o segundo tratamento consistiu na aplicação de verniz isolante para madeiras, incolor, composto por resinas vinílicas e solventes, com aplicação de acordo com orientações do fabricante e o terceiro tratamento foi a aplicação de polísten impregnante transparente na superfície da madeira, composto por polímeros, óleos vegetais e hidrocarbonetos, com aplicação de acordo com orientações do fabricante.

Os ensaios de intemperismo artificial, análise de colorimetria e de rugosidade da madeira foram realizados no Laboratório de Tecnologia da Madeira do Departamento de Engenharia Florestal. As análises de espectrometria no infravermelho médio foram feitas no Laboratório de Produtos Florestais (LPF) do Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

3.2 ENSAIO DE INTEMPERISMO ARTIFICIAL

O ensaio de envelhecimento acelerado (intemperismo artificial) por meio de radiação ultravioleta artificial foi feito utilizando a metodologia adotada por Gonzalez e Zerbini (2010). As amostras foram introduzidas em uma câmara de envelhecimento acelerado marca Q-lab modelo QUV/Spray (Figura 3.1) que simula os efeitos da degradação causada pelo intemperismo natural na superfície de madeira. A Figura 3.2 esquematiza o mecanismo da câmara.



Figura 3.1. Equipamento de envelhecimento acelerado *QUV/Spray*.

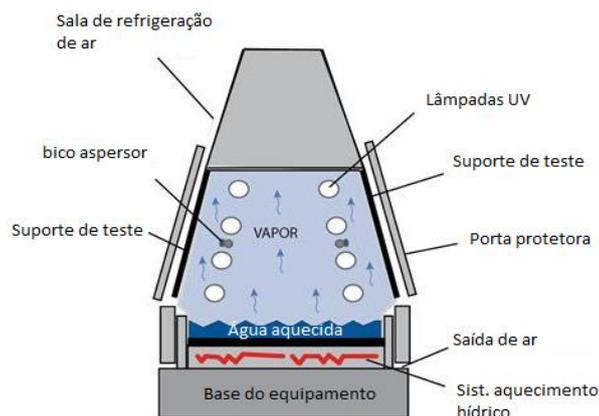


Figura 3.2. Detalhes do mecanismo do equipamento. Fonte: Q-lab (2011).

Na câmara as amostras foram acopladas em suportes metálicos ao qual deixou a face tangencial da madeira exposta a radiação e precipitação artificial (figura 3.3).



Figura 3.3. Esquema do ensaio de intemperismo em câmara de envelhecimento artificial.

O equipamento utilizado possui controle automático de temperatura e umidade relativa utilizando lâmpadas fluorescentes UVA com irradiância de $1,36 \text{ W/m}^2/\text{nm}$ a 340 nm , conforme a norma ASTM G154 (ASTM, 2006). Esta norma é a mais completa atualmente e foi utilizado 7 períodos contabilizando 700 horas. A Tabela 3.1 apresenta os parâmetros técnicos da programação utilizada no ensaio no qual as condições de exposição dos corpos de prova.

Tabela 3.1. Programação utilizada no experimento de intemperismo artificial.

ASTM G154 CICLO 7				
Etapas	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

Os ciclos de intemperismo foram acumulativos na seguinte ordem: 0(testemunha) - 24-48-120-192-396-700 horas, totalizando 7 períodos, de acordo com a Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Descrição de cada período de intemperismo.

Período	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
Horas de ensaio	0	24	48	120	192	396	700
Ciclos acumulados	0	2	4	10	16	33	*58,3
Dias acumulados	0	1	2	5	8	16,5	29,16

(*): 58 ciclos de 12 horas com adicional de 4 horas de irradiação UV.

Entre cada período de intemperismo na madeira foi feito pela análise colorimétrica, rugosidade. A cada período as amostras foram retiradas da câmara para realização de novas medições de cor e de rugosidade. Também como ferramenta suporte para acompanhamento do intemperismo foi utilizado a espectroscopia no Infravermelho médio, considerando-se a variação química dos principais picos obtidos a partir da média espectral para cada ciclo de intemperismo de cada tratamento dentro de cada espécie.

3.3 COLORIMETRIA DA MADEIRA

Para avaliação da mudança de cor entre cada período de exposição ao intemperismo artificial, foi utilizado um espectrofotômetro, tomando-se medidas dos parâmetros colorimétricos na face tangencial da madeira. A varredura foi feita no sentido das fibras, totalizando 10 medições por amostra entre cada ciclo. Os parâmetros colorimétricos (L*, a*, b*, C e h*), definidos no sistema CIELAB 1976 foram obtidos em um espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite (Figura 3.4), nas condições: iluminante D65 e ângulo de 10° em temperatura ambiente, acoplado a um microcomputador utilizando o software icolor rite.

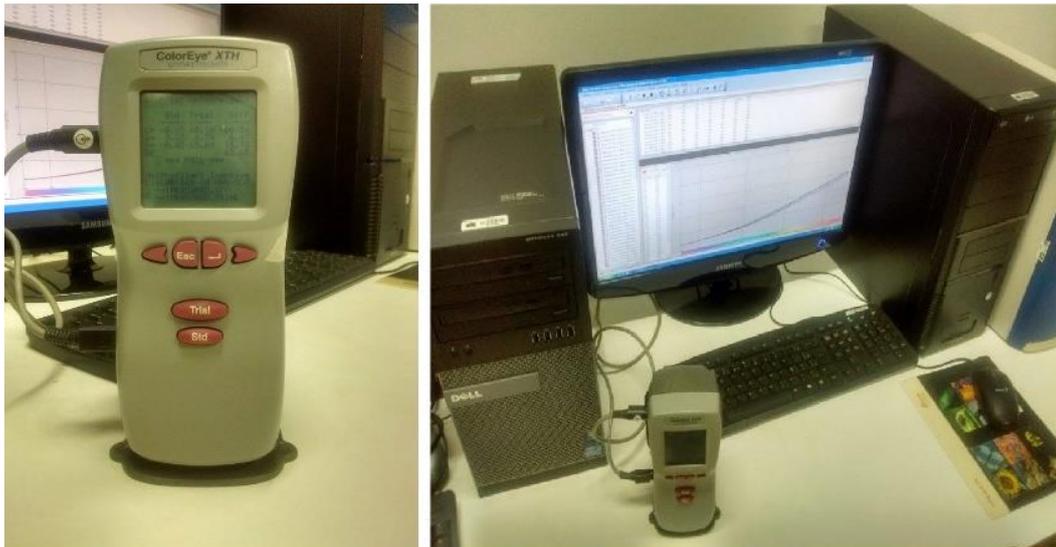


Figura 3.4. Espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite.

Utilizando uma tabela de cores sugerida por Camargos & Gonzalez (2001), foi possível caracterizar a cor da madeira de curupixá e tauari em cada tratamento. Para determinar as variações dos parâmetros colorimétricos, calculou-se a variação total da cor (ΔE) entre os tratamentos conforme a equação 3.1 de acordo com a norma ASTM D 2244 (2009).

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (\text{Eq.3.1})$$

Onde:

ΔE = variação da cor entre ciclos;

ΔL = variação da luminosidade entre ciclos;

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

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

Para classificar a variação da cor foi usada a Tabela 3.3, elaborada por Hikita *et al.*, (2001) baseada em níveis de percepção de cor a olho nú.

Tabela 3.3. Classificação da variação total da cor (ΔE^*) de madeiras.

Varição 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 apreciável

3.4 RUGOSIDADE DA MADEIRA

Para a medição da rugosidade das amostras, foi utilizado um rugosímetro de haste Mitutoyo SurfTest modelo SJ-400 (Figura 3.5), acoplado a um computador com software instalado. A rugosidade foi medida de acordo com a norma JIS B 0601 (2001), com percurso de avaliação de 8 mm. As medições foram realizadas em 3 posições diferentes, dentro de cada amostra, no sentido perpendicular às fibras, utilizando uma base milimétrica a fim de respeitar a mesma posição de arraste para análises entre todos os ciclos de intemperismo.

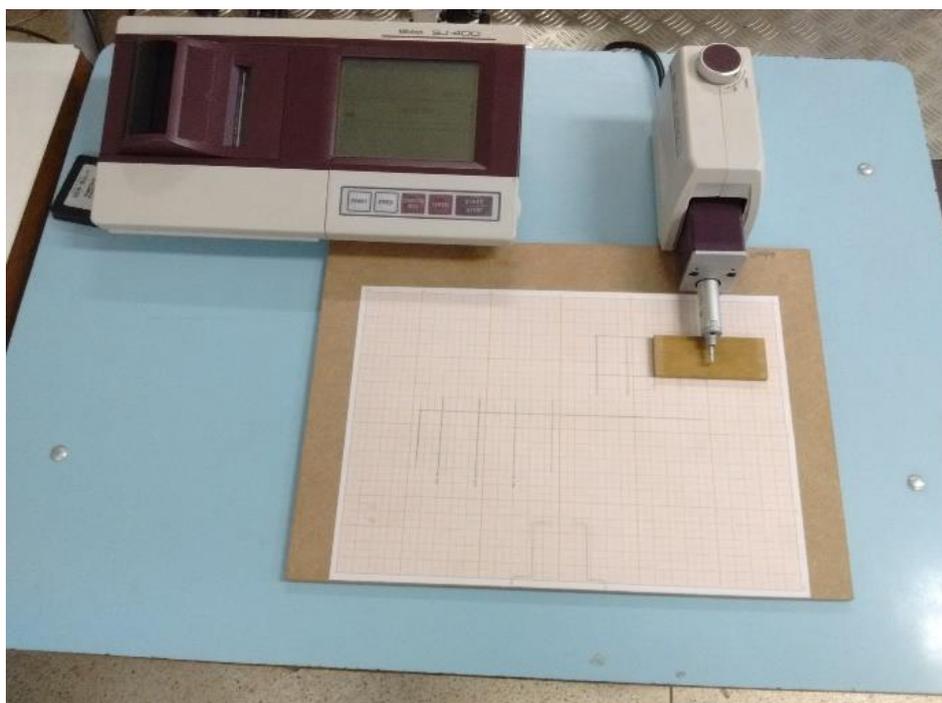


Figura 3.5. Rugosímetro Mitutoyo SurfTest modelo SJ-400 em esquema de utilização descrito para o experimento.

Foram medidos três parâmetros no rugosímetro: Ra, Rz e Rt. O Ra é a média aritmética dos valores absolutos dos desvios do perfil; o Rz é a 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; e o R_t é a soma da altura do pico máximo do perfil e a profundidade do vale máximo do perfil sobre a extensão avaliada. Os parâmetros R_a , R_z e R_t foram obtidos de acordo com as Equações 3.2, 3.3, 3.4, respectivamente (MITUTOYO CORPORATION, 2004).

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |Y_i| \quad (\text{Eq. 3.2})$$

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=5}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (\text{Eq. 3.3})$$

$$R_t = Y_p + Y_v \quad (\text{Eq. 3.4})$$

Onde:

Y_i = Desvios do perfil;

Y_{pi} = Picos mais altos;

Y_{vi} = Vales mais profundos;

Y_p = Pico mais alto;

Y_v = Vale mais profundo.

Os resultados foram analisados por meio da média dos parâmetros de rugosidade superficial entre cada tratamento.

3.5 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO

O ensaio de espectroscopia no infravermelho médio (*Mid infrared spectroscopy – MIRS*) foi realizado no Setor de Química, Adesivos e Borracha Natural do LPF/SFB.

Os espectros de reflectância foram obtidos por meio de um espectrofotômetro no infravermelho médio com transformada de Fourier (FT-IR), marca Bruker, modelo Tensor

37 acoplado em microcomputador com utilização de software OPUS (Figura 3.6), com dispositivo de reflectância difusa EasyDiff da marca Pike (Figura 3.7).



Figura 3.6. Espectrofotômetro TENSOR 37, marca Bruker.



Figura 3.7. Dispositivo de reflectância difusa EasyDiff da marca PIKE.

A obtenção dos espectros foi realizada em sala climatizada com ar condicionado e desumidificador para evitar interferências na obtenção dos dados. Um acessório de superfície espelhada foi utilizado para calibrar a absorção da luz infravermelha média. Este acessório foi utilizado antes do início de cada série de leituras para a obtenção do sinal de referência (*background*) eliminando qualquer influência do ambiente.

Em cada amostra, foram feitas 3 leituras na face tangencial com 64 varreduras por espectro totalizando 192 varreduras. Os espectros foram adquiridos em duplicata e importados para o *software* OPUS. Inicialmente foi feito o carregamento dos espectros, em seguida foi feita a média espectral para cada ciclo de intemperismo de cada tratamento por espécie.

Com a média dos espectros para cada tratamento em cada período de intemperismo artificial, foi possível fazer a quantificação aproximada das bandas puras de lignina, celulose e carbonilas, de interesse no estudo por serem influenciadas pela ação do intemperismo.

Foi feita a normalização dos espectros para melhor visualização utilizando como base a banda referente a celulose, por esta se mostrar invariável em todos os tratamentos durante o experimento.

Após a normalização e correção de bases espectrais, os espectros sofreram integração entre as bandas de interesse referentes a carbonila, lignina e celulose. A área referente a carbonila, localizada entre as bandas 1865cm^{-1} a 1730cm^{-1} está associada com as ligações carbonílicas C=O; a área referente a lignina, localizada entre as bandas 1487 cm^{-1} a 1552 cm^{-1} , associada às ligações C=C; e a área referente a celulose, localizada entre as bandas 867 cm^{-1} a 934 cm^{-1} , está relacionada com deformações angulares C-H, como exemplifica a Figura 3.8 do espectro de curupixá.

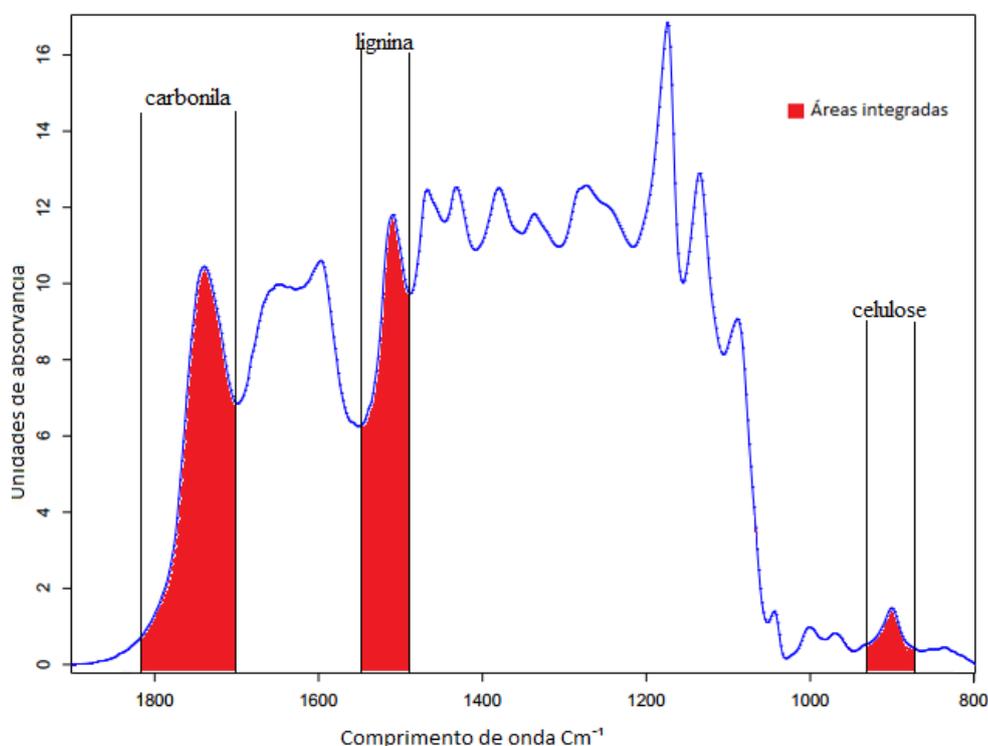


Figura 3.8. Espectro de curupixá com os picos de interesse dos quais suas áreas sofreram integração para quantificação química.

Feito a integração dos picos de interesse na madeira, foi possível mensurar quantitativamente a variação química de cada pico de lignina, celulose e carbonilas presentes na madeira para cada tratamento em cada ciclo de intemperismo.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os valores das variáveis colorimétricas e das variáveis relativas aos parâmetros de rugosidade foram obtidos diretamente pelos softwares de aquisição de dados e posteriormente tabulados em planilhas eletrônicas do software EXCEL 2016. Foram feitos testes iniciais que comprovaram a normalidade da distribuição dos dados (Shapiro-Wilk a 95% de probabilidade) e então foi feita a análise de variância (ANOVA), com auxílio do programa ASSISTAT 7.7, para verificar se existia diferença estatística entre os parâmetros antes e após a aplicação dos produtos de acabamento dentre os tratamentos. Para os dados onde as amostras diferiram estatisticamente entre ciclos de intemperismo, foi aplicado o teste de médias de Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COLORIMETRIA DA MADEIRA

As Tabelas 4.1 e 4.2 apresentam os valores médios dos parâmetros colorimétricos para a madeira de curupixá e tauari respectivamente, sem tratamento (Testemunha), tratadas com verniz e polisten, para cada período de intemperismo artificial acelerado.

Analisando a Tabela 4.1, a coordenada b^* (coloração amarela) apresentou valores mais elevados quando comparada à coordenada a^* (coloração vermelha), constatando que houve predominância da tonalidade amarela na formação da cor da madeira de curupixá. Para todos os tratamentos (testemunha, verniz e polisten) o comportamento de seus parâmetros colorimétricos quando submetidos ao intemperismo artificial acelerado foram similares. É notável um aumento nos valores das coordenadas a^* e b^* após as primeiras 24 horas com posterior redução no período de 120 horas, ficando ao fim do experimento abaixo dos valores observados da madeira antes da ação do intemperismo. O efeito do intemperismo na luminosidade (L^*) para os tratamentos foi observado por meio de uma queda a partir das primeiras 24 horas até 120 horas indicando o escurecimento da madeira, que posteriormente clareou a partir das 192 horas, apresentando tendência a estabilização ao fim do tratamento.

Para o parâmetro C (saturação da cor), ocorre a variação da propriedade relacionado a alteração dos valores de a* e b*, isto é, a redução dos parâmetros a* e b*, reduzem a tonalidade da cor.

Devido à presença em maior quantidade do parâmetro b* na madeira de curupixá durante todos os ciclos de intemperismo, o ângulo de tinta tende a ser superior a 45°, sendo mais próximo ao eixo do parâmetro b*, segundo o sistema CIELAB 1976, confirmando a maior participação dessa pigmentação na cor da madeira.

Tabela 4.1. Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de curupixá sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz e Polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.

	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	T 0h	61,32a (1,50)	10,87abc (1,14)	23,11cd (0,95)	25,55c (1,25)	64,85d (1,79)
	T24h	55,96b (0,84)	11,74a (1,25)	26,82a (0,93)	29,29a (1,26)	66,40cd (1,80)
	T48h	54,82b (0,73)	11,54ab (1,30)	26,39ab (1,15)	28,82ab (1,48)	66,43cd (1,76)
	T120h	54,10b (1,52)	10,03bc (1,13)	24,67bc (1,09)	26,64bc (1,33)	67,91bc (1,75)
	T192h	56,17b (1,37)	9,52c (0,81)	24,20c (1,2)	26,01c (1,32)	68,54bc (1,27)
	T396h	60,12b (2,13)	7,90d (0,97)	21,65de (1,94)	23,06d (2,10)	69,99ab (1,3)
	T700h	60,62a (2,82)	7,14d (1,21)	20,89e (2,17)	22,08d (2,42)	71,25a (1,53)
	Verniz	T 0h	54,08b (1,37)	12,62a (0,98)	26,05c (1,10)	28,96b (1,39)
T24h		51,05c (1,02)	13,18a (1,00)	28,73a (0,81)	31,61a (1,10)	65,37cd (1,19)
T48h		49,75cd (1,00)	13,16a (1,00)	28,83a (0,91)	31,70a (1,16)	65,47cd (1,26)
T120h		47,98d (0,91)	12,37a (0,73)	27,65ab (0,64)	30,30ab (0,77)	65,90c (1,12)
T192h		49,79c (1,02)	12,52a (0,73)	28,16a (0,90)	30,83a (1,03)	66,04bc (0,97)
T396h		53,01b (1,82)	10,93b (1,23)	26,28bc (1,63)	28,47b (1,95)	67,48b (1,23)
T700h		57,15a (1,80)	8,24c (1,03)	22,23d (1,41)	23,72c (1,65)	69,74a (1,33)
Polisten		T 0h	50,76d (1,18)	13,35a (1,28)	24,63bc (1,19)	28,02ab (1,64)
	T24h	50,63d (0,99)	13,12a (1,27)	26,66a (0,94)	29,73a (1,25)	63,83d (1,88)
	T48h	50,54d (0,94)	12,24a (1,11)	26,05ab (1,21)	28,79a (1,39)	64,84cd (1,73)
	T120h	51,29d (0,73)	10,29b (0,84)	23,98c (1,40)	26,10b (1,53)	66,78bc (1,29)
	T192h	53,60c (0,51)	10,39b (0,89)	24,44bc (1,51)	26,56b (1,68)	66,98b (1,07)
	T396h	57,91b (0,85)	7,91c (0,88)	21,29d (1,50)	22,72c (1,67)	69,65a (1,20)
	T700h	60,97a (1,36)	6,59c (0,89)	19,05e (1,48)	20,16d (1,65)	70,98a (1,47)

T0h – 0 horas de intemperismo, T24h – 24 horas de intemperismo, T48h – 48 horas de intemperismo, T120h – 120 horas de intemperismo, T192h – 192 horas de intemperismo, T396h – 396 horas de intemperismo, T700h – 700 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 parênteses referem-se ao desvio padrão.

Analisando os diferentes tratamentos da madeira de curupixá, observa-se maiores valores dos parâmetros a^* , b^* e C para madeiras tratadas com verniz durante todo o processo de intemperismo, com aumento estatisticamente significativo para estes parâmetros comparados com os parâmetros da madeira sem produtos. Em relação aos parâmetros L^* e h^* , observa-se maiores valores para a madeira sem produto, indicando um escurecimento na madeira ao aplicar produtos e maior variação do ângulo de tinta para a testemunha, possivelmente por esta não estar protegida do intemperismo quando comparada com os outros tratamentos.

A madeira tratada com polisten possui coordenadas a^* , b^* , C elevadas, e L^* e h^* reduzidas, em um primeiro momento, quando comparada com a madeira sem produto. A medida que o tempo de ensaio aumenta, observa-se a que os parâmetros colorimétricos da madeira tratada com polisten se equiparam aos da madeira sem produto.

Ao analisar Tabela 4.2, referente aos valores médios dos parâmetros colorimétricos da madeira de tauari, observa-se um comportamento análogo ao ocorrido com a madeira de curupixá. Para a madeira de tauari, a coordenada b^* (coloração amarela) apresentou valores mais elevados quando comparados à coordenada a^* (coloração vermelha), resultando na predominância da tonalidade amarela na formação da cor. Os resultados encontrados por Costa (2011) corroboram com o estudo, em que o autor, analisando o intemperismo artificial de madeira de tauari, observou a cor mais saturada (variável C), provavelmente dada pela pigmentação amarela (b^*), mais pronunciada na espécie. É perceptível um aumento nas coordenadas a^* e b^* após as primeiras 24 horas para todos os tratamentos, assim como observado para a madeira de curupixá.

Após o período de 192 horas, as coordenadas b^* e a^* apresentaram diminuição, tendendo a estabilização ao final do tratamento com valores próximos aos da madeira sem exposição ao intemperismo. O efeito do intemperismo na luminosidade (L^*), cromaticidade (C) e ângulo de tinta (h^*) foi correspondente ao observado em relação aos parâmetros a^* e b^* , havendo uma perda de luminosidade nas primeiras 24 horas com posterior estabilização

ao final do experimento com valores próximos ao da madeira que não foi exposta ao intemperismo.

Tabela 4.2. Média dos parâmetros colorimétricos da madeira de tauari sem tratamento (Testemunha), tratadas com Verniz e Polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.

	Tempo	L*	a*	b*	C	h*
Testemunha	T 0h	58,88a (1,25)	9,22d (0,40)	24,01b (1,56)	25,73b (1,48)	68,93a (1,39)
	T24h	54,45bcd (1,91)	10,82ab (0,50)	27,77a (1,09)	29,81a (0,94)	68,67ab (1,44)
	T48h	53,71cd (2,02)	10,98a (0,45)	28,08a (1,10)	30,16a (0,97)	68,61ab (1,30)
	T120h	52,88d (1,64)	10,78ab (0,34)	27,28a (0,88)	29,34a (0,84)	68,42ab (0,86)
	T192h	54,29bcd (1,18)	10,85ab (0,31)	27,40a (0,95)	29,48a (0,95)	68,37ab (0,61)
	T396h	55,69bc (0,92)	10,28bc (0,36)	25,07b (0,92)	27,10b (0,95)	67,68ab (0,57)
	T700h	56,41b (2,00)	9,86cd (0,79)	23,54b (1,69)	25,52b (1,84)	67,28b (0,65)
Verniz	T 0h	51,01ab (0,89)	10,63d (0,43)	26,08f (1,39)	28,18f (1,31)	67,77a (1,32)
	T24h	49,75bc (0,93)	12,20c (0,67)	28,28de (0,70)	30,81de (0,66)	66,64ab (1,32)
	T48h	48,58cd (1,22)	12,42bc (0,60)	29,16cd (0,78)	31,71cd (0,69)	66,90ab (1,27)
	T120h	46,13e (1,20)	13,24ab (0,51)	29,85bc (0,75)	32,66bc (0,72)	66,07b (0,96)
	T192h	47,19de (1,02)	14,10a (0,47)	31,58a (0,60)	34,59a (0,59)	65,93b (0,81)
	T396h	48,73cd (1,24)	13,85a (0,86)	31,36ab (1,10)	34,29ab (1,32)	66,18b (0,80)
	T700h	52,03a (2,19)	11,57cd (1,14)	27,47ef (1,90)	29,810a (2,19)	67,20ab (0,69)
Polisten	T 0h	46,92c (1,04)	12,25a (0,89)	25,61b (0,76)	28,41b (0,83)	64,42b (1,67)
	T24h	48,10bc (0,99)	12,49a (0,85)	27,32a (0,60)	30,06a (0,52)	65,41ab (1,72)
	T48h	47,50bc (1,07)	12,73a (0,84)	27,61a (0,63)	30,42a (0,55)	65,23ab (1,69)
	T120h	47,16c (0,80)	12,62a (0,60)	26,80a (0,53)	29,63a (0,50)	64,76b (1,19)
	T192h	48,81b (0,81)	12,93a (0,42)	27,32a (0,71)	30,23a (0,63)	64,66b (1,02)
	T396h	54,56a (0,94)	12,57a (0,40)	27,55a (0,83)	30,29a (0,82)	65,47ab (0,81)
	T700h	53,29a (1,19)	10,68b (0,58)	25,04b (1,18)	27,23c (1,28)	66,89a (0,56)

T0h – 0 horas de intemperismo, T24h – 24 horas de intemperismo, T48h – 48 horas de intemperismo, T120h – 120 horas de intemperismo, T192h – 192 horas de intemperismo, T396h – 396 horas de intemperismo, T700h – 700 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 parênteses referem-se ao desvio padrão.

Os parâmetros a^* e b^* são responsáveis pela cor da madeira, o comportamento observado nas madeiras de curupixá e tauari foram semelhantes ao encontrado por Barros et al (2014), ao caracterizar as madeiras de tauari-vermelho e pequiarana em que, verificou-se baixa predominância da coordenada a^* (7,66 e 7,58 respectivamente) e maior influência da coordenada b^* (18,43 e 18,87, respectivamente), seguido pelo ângulo de tinta h^* (65,54 e 66,52, respectivamente) confirmando a influência do pigmento amarelo nas madeiras de tauari-vermelho e pequiarana, colocando-as próximas ao eixo b^* , seguida pela variável C (20,19 e 20,57, respectivamente), que também registra essa influência na saturação da cor. Também, comportamento semelhante ao encontrado no presente trabalho foi obtido por Martins et al. (2011) que ao analisarem os parâmetros colorimétricos das madeiras *de E. benthamii* e *de P. caribaea var. hondurensis* submetidas ao envelhecimento artificial acelerado por radiação, observaram que houve maior alteração na cor nas primeiras horas de experimento tendendo a uma estabilização após períodos mais longos de exposição.

Para madeira sem aplicação de produtos houve maior variação colorimétrica, pelos valores mais altos dos parâmetros L^* (claridade) e h^* (ângulo de tinta) indicando que a madeira se tornou mais clara e o eixo de cor tende a se aproximar da coordenada b^* referente a pigmentação amarela da madeira.

A madeira tratada com polisten, ao longo do tempo de ensaio, se equipara a madeira sem produto de acabamento para todos os parâmetros.

Em ambas as espécies, foi observado uma alteração da cor das madeiras após a aplicação dos produtos de acabamento (T0h) para todos os parâmetros. Comportamento semelhante foi observado por Gonzalez et al. (2010), que ao aplicar os produtos polisten e seladora em amostras de freijó (*Cordia goeldiana*), verificou uma alteração de suas cores (escurecimento), seguida de uma redução da claridade (L^*) e variação dos parâmetros a^* e b^* , sugerindo que os produtos aplicados possuem pigmentação ou podem interagir com a madeira resultando em formação de pigmentos alterando a cor da madeira.

As Tabelas 4.3 apresenta os valores de variação total de cor (ΔE) de acordo com o tempo de exposição ao intemperismo para a madeira de curupixá e tauari, respectivamente, sem tratamento (testemunha), e tratadas com verniz e polisten, para cada tempo de

exposição, classificando-se a cor de acordo a tabela proposta por Camargos e Gonçalves (2001).

Tabela 4.3. Variação total da cor (ΔE) para madeira de curupixá sem tratamento, e tratada com verniz e polisten para cada tempo de exposição.

Tratamento	Exposição (h)	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Testemunha	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	4,4	Apreciável	Oliva-amarelado
Verniz	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	6,6	Muito apreciável	Oliva-amarelado
Polisten	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	13,5	Muito apreciável	Oliva-amarelado

T0h – Tempo inicial do experimento de intemperismo artificial, T700h – Tempo final do experimento de intemperismo artificial.

(*) = Classificação da variação da cor proposta por Hikita et al., (2001) baseada em níveis de percepção. (**) = Cor da madeira, segundo classificação proposta por Camargos e Gonçalves (2001).

A madeira de curupixá natural (T0h) (Tabela 4.3) foi classificada como marrom-oliva e a simples aplicação dos produtos de acabamento (polisten e verniz) não promoveu alteração da cor. O intemperismo artificial acelerado gerou alteração igual na cor da madeira de curupixá para todos os tratamentos (testemunha, verniz e polisten) no qual passou a ser classificada como oliva-amarelado. Esta mudança de cor da madeira de curupixá após 700h de intemperismo é tida como apreciável para a testemunha e muito apreciável quando aplicado os dois produtos de acabamento.

A Tabela 4.4 apresenta a variação total da cor (ΔE) na madeira de curupixá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Tabela 4.4. Variação total da cor (ΔE) na madeira de curupixá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Tratamento	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Sem verniz			Marrom-Oliva
Com verniz	9,16	Muito apreciável	Marrom-Oliva
Sem Polisten			Marrom-Oliva
Com Polisten	11,16	Muito apreciável	Marrom-Oliva

Observa-se na Tabela 4.4. que apesar da percepção de variação da cor a olho nú nas madeiras de curupixá antes e após aplicação de produtos de acabamentos ser classificado como muito apreciável a cor da madeira ainda permanece classificada como Marrom-Oliva para os dois produtos de acabamento.

O intemperismo artificial acelerado promoveu para a testemunha a variação da cor na madeira para oliva-amarelado, o verniz para amarelo-amarronzado e o polisten para marrom-claro. A mudança da cor da madeira de tauari após 700h de intemperismo é classificada como notável a muito apreciável dependendo do tratamento.

Tabela 4.5. Variação total da cor (ΔE) para madeira de tauari sem tratamento, e tratada com verniz e polisten para cada tempo de exposição.

Tratamento	Exposição (h)	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Testemunha	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	2,6	Notável	Oliva-amarelado
Verniz	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	2,0	Notável	Amarelo-Amarronzado
Polisten	T 0h			Marrom-Oliva
	T700h	6,6	Muito apreciável	Marrom-Claro

T0h – Tempo inicial do experimento de intemperismo artificial, T700h – Tempo final do experimento de intemperismo artificial.

(*) = Classificação da variação da cor proposta por Hikita et al., (2001) baseada em níveis de percepção. (**) = Cor da madeira, segundo classificação proposta por Camargos e Gonzalez (2001).

A Tabela 4.6 apresenta a variação total da cor (ΔE) na madeira de tauari antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Tabela 4.6. Variação total da cor (ΔE) na madeira de curupixá antes e após a aplicação de produtos de acabamento.

Tratamento	ΔE	Classificação (*)	Nome da cor (**)
Sem verniz			Marrom-Oliva
Com verniz	8,0	Muito apreciável	Marrom-Oliva
Sem Polisten			Marrom-Oliva
Com Polisten	12,90	Muito apreciável	Marrom-Oliva

Observa-se na Tabela 4.6. que apesar da percepção de variação da cor a olho nú nas madeiras de tauari antes e após aplicação de produtos de acabamentos ser classificado como muito apreciável a cor da madeira ainda permanece classificada como Marrom-Oliva para os dois produtos de acabamento, assim como ocorrido para as madeiras de curupixá.

O polisten em ambas as madeiras apresentou a maior variação de cor (6,6 para o tauari e 13,5 para o curupixá). No entanto, a cor final das madeiras pouco alterou (marrom-oliva para marrom-claro no caso do tauari e para a madeira de curupixá Marrom-oliva para Oliva-amarelado). Segundo Gonzalez et al. (2010), este produto carrega em sua composição uma boa percentagem de pigmentação amarela, mas também tem, em menor quantidade, pigmentação vermelha. A interação destas cores com a cor natural da madeira pode apresentar reações diferentes dependendo da composição da pigmentação natural de cada

espécie, havendo manifestações diferentes na cor final da madeira, após a aplicação deste produto.

As Figuras 4.1 e 4.2 apresentam as curvas de reflectância da madeira de curupixá e tauari, respectivamente, sem tratamento e tratadas com verniz e polisten antes e após o intemperismo acelerado.

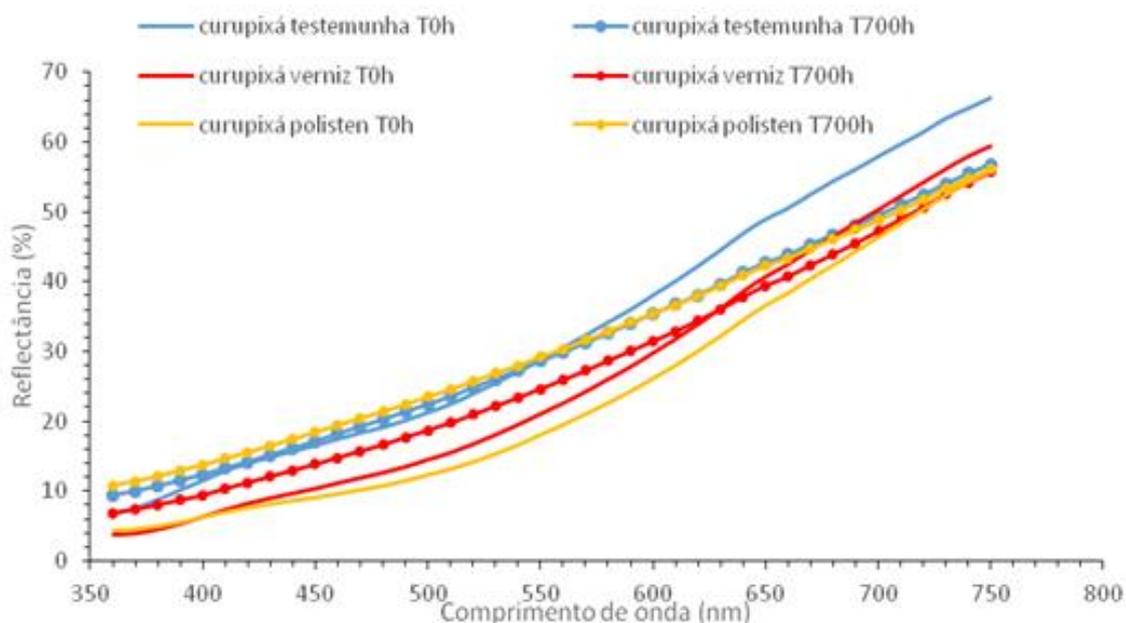


Figura 4.1. Curvas de reflectância da madeira de curupixá sem tratamento, e tratadas com verniz e polisten antes e após o intemperismo acelerado.

Observa-se que a madeira de curupixá (Figura 4.1) sem produto de acabamento antes do processo de intemperismo artificial (T0h) reflete menos a luz em quase todos os comprimentos de onda do espectro quando comparado a madeira após o processo de intemperismo (T700h). Já para a madeira tratada com verniz ocorre pouca variação de reflectância nos comprimentos de onda da madeira antes e após o tratamento. Para o polisten a variação da reflectância antes e após o tratamento é quase inalterada.

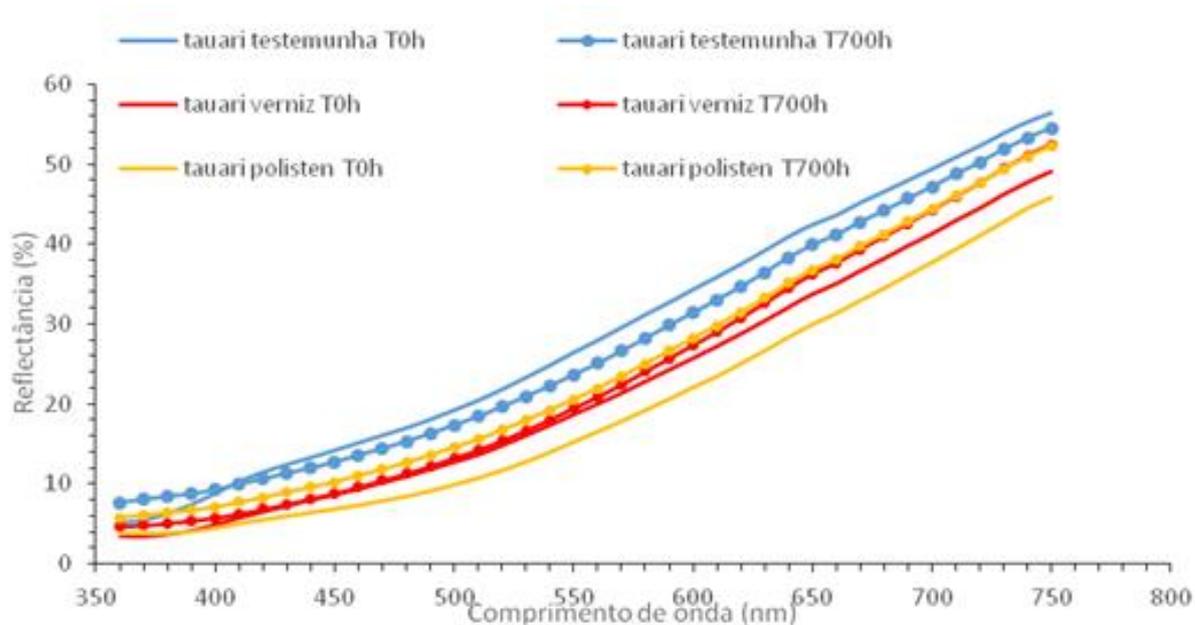


Figura 4.2. Curvas de reflectância da madeira de tauari, sem tratamento, e tratadas com verniz e polisten antes e após o intemperismo acelerado.

Para a madeira de tauari (Figura 4.2) sem produto de acabamento e tratada com verniz, antes e após a ação do intemperismo artificial, as porcentagens de reflectância são semelhantes. Para madeira tratada com polisten a porcentagem de reflectância é maior comparado com a madeira antes do intemperismo artificial. Observa-se uma uniformidade de comportamento nos espectros da madeira de tauari, indicando reações diferentes desta espécie com produtos de acabamento, quando comparado com o curupixá, por exemplo.

As Figuras 4.3 e 4.4 ilustram o aspecto visual da superfície das madeiras de curupixá e tauari sem tratamento e tratadas com verniz e polisten de acordo com o período de exposição ao intemperismo acelerado.

Sem tratamento químico



Tratada com verniz



Tratada com polísten



0h

24h

48h

120h

192h

396h

700h

Figura 4.3. Superfície da madeira de curupixá antes e após a exposição ao intemperismo acelerado com o aumento de 20x.

Sem tratamento químico



Tratada com verniz



Tratada com polísten



0h

24h

48h

120h

192h

396h

700h

Figura 4.4. Superfície da madeira de tauari antes e após a exposição ao intemperismo acelerado com o aumento de 20x.

As Figuras 4.5 e 4.6 ilustram o aspecto visual da superfície das madeiras de curupixá e tauari sem tratamento e sem ação do intemperismo (A); sem tratamento após ação do intemperismo (B); tratadas com verniz após ação do intemperismo (C) e tratada com polisten após ação do intemperismo (D).

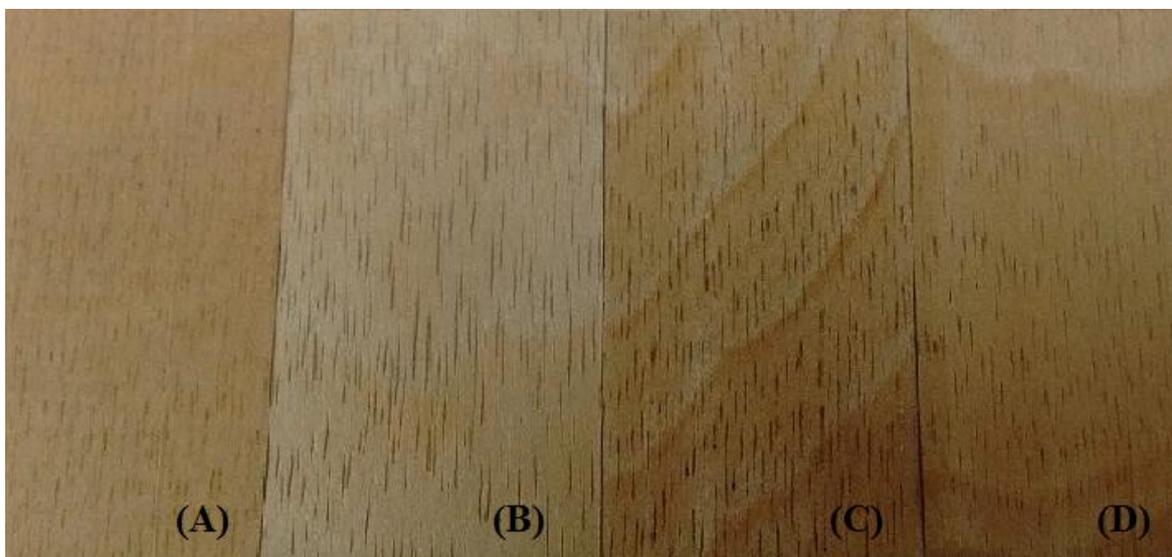


Figura 4.5. Superfície da madeira de curupixá sem tratamento e sem ação do intemperismo (A); sem tratamento após ação do intemperismo (B); tratadas com verniz após ação do intemperismo (C) e tratada com polisten após ação do intemperismo (D).

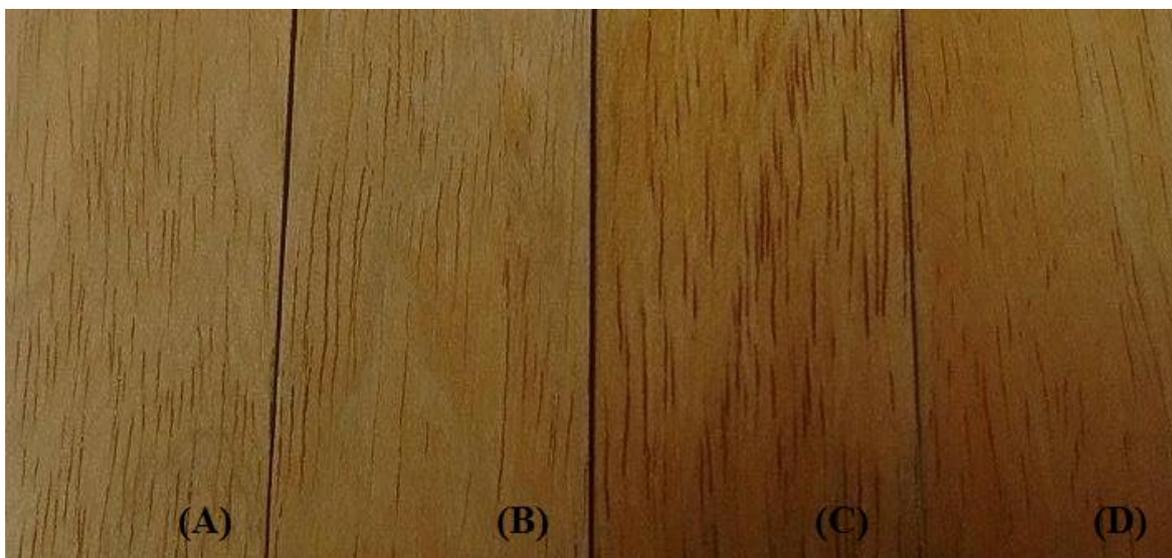


Figura 4.6. Superfície da madeira de tauari sem tratamento e sem ação do intemperismo (A); sem tratamento após ação do intemperismo (B); tratadas com verniz após ação do intemperismo (C) e tratada com polisten após ação do intemperismo (D).

4.2 RUGOSIDADE DA MADEIRA

As Tabelas 4.7 e 4.8 apresentam os valores médios dos parâmetros de rugosidade para a madeira de curupixá e tauari, respectivamente, sem produto de acabamento e tratadas com verniz e polisten para cada período de intemperismo artificial.

Tabela 4.7. Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de curupixá sem tratamento e tratadas com Verniz e Polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.

curupixá	Tempo	Ra (μm)	Rz(μm)	Rt(μm)
Testemunha	T 0h	4,95e (0,78)	32,92e (6,50)	6,74e (1,23)
	T24h	6,29de (0,91)	40,91de (4,62)	8,42de (1,08)
	T48h	6,73d (0,80)	43,45cd (4,38)	8,98cd (1,01)
	T120h	7,27cd (0,94)	46,38cd (4,67)	9,66cd (1,12)
	T192h	8,25c (1,00)	50,03bc (6,67)	10,84bc (1,42)
	T396h	9,72b (0,94)	58,62b (5,99)	12,78b (1,37)
	T700h	11,70a (1,75)	68,42a (9,32)	15,25a (2,37)
Verniz	T 0h	4,15e (0,61)	29,18d (4,00)	5,73e (0,81)
	T24h	5,22de (0,67)	35,36cd (3,31)	7,06de (0,80)
	T48h	5,60cd (1,17)	35,92cd (5,98)	7,44cd (1,49)
	T120h	5,78cd (0,65)	38,61c (3,04)	7,77cd (0,72)
	T192h	6,65bc (1,11)	42,07bc (5,62)	8,87bc (1,41)
	T396h	7,72b (1,07)	48,62b (7,31)	10,26b (1,57)
	T700h	9,81 ^a (0,97)	58,90a (4,12)	12,79a (1,22)
Polisten	T 0h	4,90d (0,97)	32,32c (5,56)	6,58c (1,26)
	T24h	5,39d (0,72)	35,76bc (5,53)	7,21c (1,04)
	T48h	5,52d (0,92)	36,33bc (4,16)	7,33bc (1,10)
	T120h	6,28cd (0,78)	41,63b (4,90)	8,39bc (1,11)
	T192h	6,94c (1,11)	43,27b (7,07)	9,15b (1,55)
	T396h	9,51b (1,39)	58,29a (7,25)	12,64a (1,84)
	T700h	10,94a (1,24)	64,16a (7,70)	14,22a (1,77)

T0h – 0 horas de intemperismo, T24h – 24 horas de intemperismo, T48h – 48 horas de intemperismo, T120h – 120 horas de intemperismo, T192h – 192 horas de intemperismo, T396h – 396 horas de intemperismo, T700h – 700 horas de intemperismo.

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

Tabela 4.8. Valores médios dos parâmetros de rugosidade da madeira de tauari sem tratamento e tratadas com Verniz e Polisten para cada período de intemperismo artificial acelerado.

tauari	Tempo	Ra (µm)	Rz(µm)	Rt(µm)
Testemunha	T 0h	5,15d (1,26)	33,54d (7,63)	7,20d (1,82)
	T24h	6,84cd (1,47)	41,27cd (8,59)	9,04cd (2,05)
	T48h	7,27c (1,64)	44,45cd (10,31)	9,77cd (2,39)
	T120h	7,36c (1,51)	45,80cd (9,33)	9,88cd (2,12)
	T192h	8,50c (1,30)	50,72bc (8,30)	11,25bc (1,91)
	T396h	10,67b (1,87)	60,30ab (10,89)	13,83ab (2,47)
	T700h	12,74a (1,40)	69,50a (8,38)	16,22a (1,89)
Verniz	T 0h	4,39d (1,42)	30,33d (9,99)	6,20d (2,19)
	T24h	5,71cd (1,27)	35,91cd (8,05)	7,52cd (1,77)
	T48h	5,83cd (1,46)	37,60cd (7,31)	7,88cd (1,97)
	T120h	6,45cd (1,71)	41,07bcd (9,09)	8,66bcd (2,31)
	T192h	7,00bc (1,81)	43,80bc (10,34)	9,41bc (2,57)
	T396h	8,52ab (1,35)	50,23ab (7,56)	11,17ab (1,89)
	T700h	10,14a (1,52)	58,83a (8,49)	13,20a (2,10)
Polisten	T 0h	3,92d (0,98)	26,24d (5,31)	5,37d (1,32)
	T24h	5,13cd (1,20)	31,56cd (6,62)	6,79cd (1,69)
	T48h	5,40cd (1,20)	33,68cd (6,67)	7,16cd (1,62)
	T120h	5,44cd (1,13)	35,06c (6,35)	7,28cd (1,56)
	T192h	6,25c (1,03)	38,19bc (5,48)	8,23bc (1,37)
	T396h	7,82b (1,12)	46,75b (5,63)	10,22b (1,47)
	T700h	10,42a (1,27)	60,55a (7,79)	13,49a (1,71)

T0h – 0 horas de intemperismo, T24h – 24 horas de intemperismo, T48h – 48 horas de intemperismo, T120h – 120 horas de intemperismo, T192h – 192 horas de intemperismo, T396h – 396 horas de intemperismo, T700h – 700 horas de intemperismo.

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

Analisando a Tabela 4.7 observa-se que para todos os tratamentos houve incremento dos valores dos parâmetros Ra, Rz, Rt durante os períodos de intemperismo, evidenciando o aumento da rugosidade na superfície da madeira de curupixá.

Para a madeira de curupixá sem produtos de acabamento os parâmetros Ra, Rz e Rt sofreram variação significativa a partir das primeiras 48 horas de intemperismo artificial, com incremento constante durante todo o resto do tratamento. A madeira tratada com verniz teve seus parâmetros de Ra e Rt com variações significativas a partir das primeiras 48 horas, e de Rz a partir das 120 horas de intemperismo artificial. Todos os parâmetros tiveram crescimento constante até o final do experimento.

A madeira tratada com polisten foi a que mais demorou para sofrer variação dos parâmetros de rugosidade quando comparada com os outros tratamentos para a mesma espécie, ao qual o parâmetro Ra e Rt variaram significativamente após 192 horas de intemperismo, e o parâmetro Rz após 120 horas, sendo também a que sofreu menor variação na rugosidade ao comparar os valores iniciais aos valores após a ação do intemperismo.

Analisando a Tabela 4.8 observa-se que assim como para a madeira de curupixá, para todos os tratamentos houve o aumento dos valores dos parâmetros Ra, Rz, Rt durante os períodos de intemperismo artificial, evidenciando o aumento da rugosidade na superfície da madeira de tauari. Esta madeira, sem produtos de acabamento sofreu variação significativa no seu parâmetro Ra após 48 horas de intemperismo, e os parâmetros Rz e Rt após 192 horas e todos os parâmetros tiveram variação constante até o fim do experimento. A madeira tratada com verniz obteve variação significativa dos seus parâmetros Ra, Rz, Rt após o período de 192 horas de intemperismo, sendo a variação constante até o fim do experimento. A madeira tratada com polisten teve a variação significativa do parâmetro Ra e Rt após 192 horas de intemperismo e do parâmetro Rz após 120 horas.

Segundo Temiz et al. (2005), o envelhecimento da superfície da madeira (provocado pelo intemperismo, neste caso) é influenciado pela água que provoca a remoção de fibras e partículas produzidas pela ação UV, tornando a madeira mais áspera.

O tratamento utilizando verniz como produto de acabamento foi o que obteve menor variação de seus parâmetros de rugosidade, para a madeira de tauari.

A Figura 4.7 e 4.8 apresentam os perfis do parâmetro Ra das superfícies da madeira de curupixá antes e após a aplicação de verniz, e de polisten respectivamente.

Observa-se que as superfícies tratadas com produtos de acabamento apresentam menores distâncias entre as alturas dos picos e vales, atribuídos ao preenchimento de obstruções presentes na superfície da madeira causadas no processo de confecção destas, e pela adesão do produto sobre a superfície da madeira.

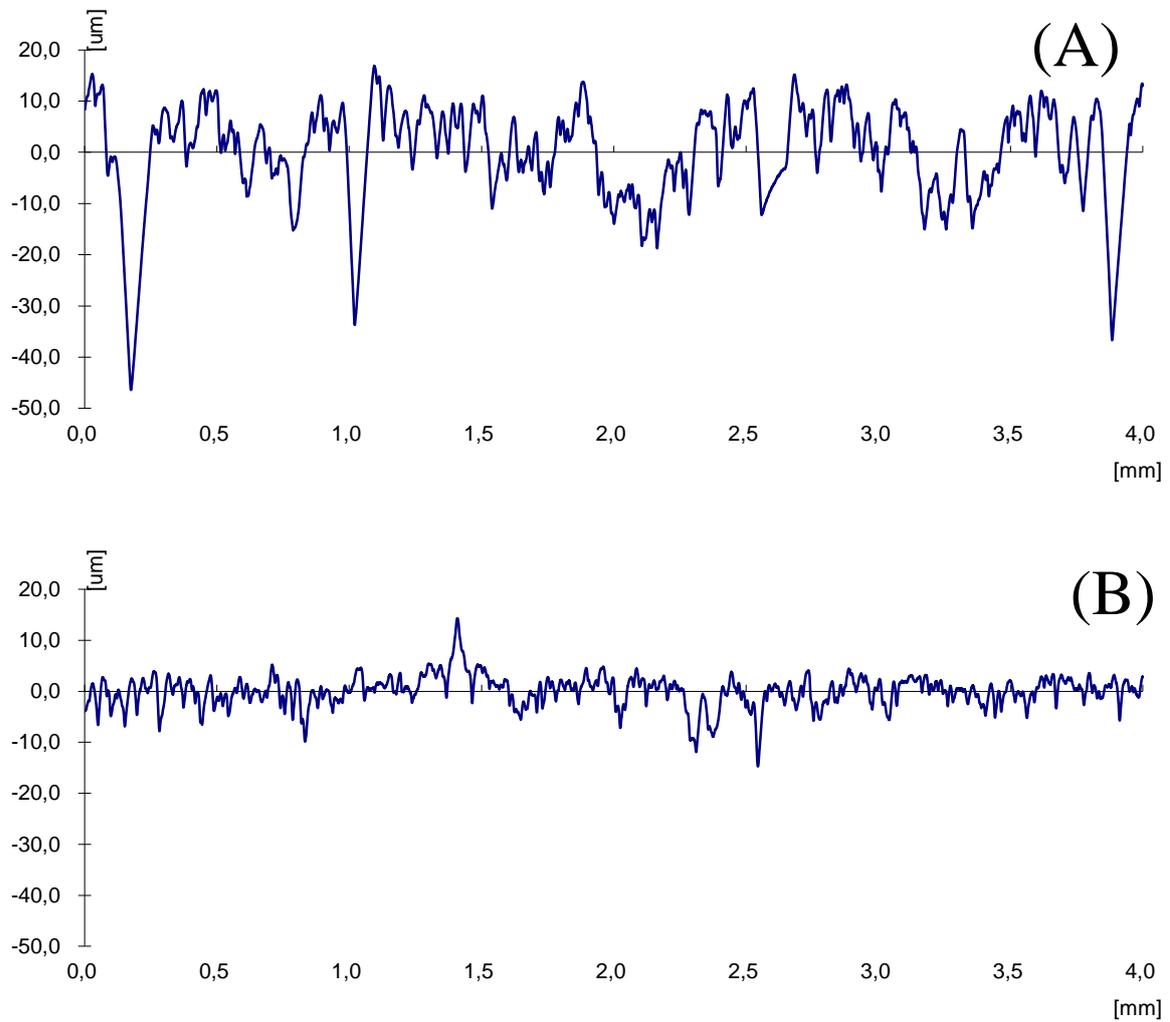


Figura 4.7. Perfil da rugosidade (R_a) da madeira de curupixá sem tratamento (A) e tratada com verniz (B).

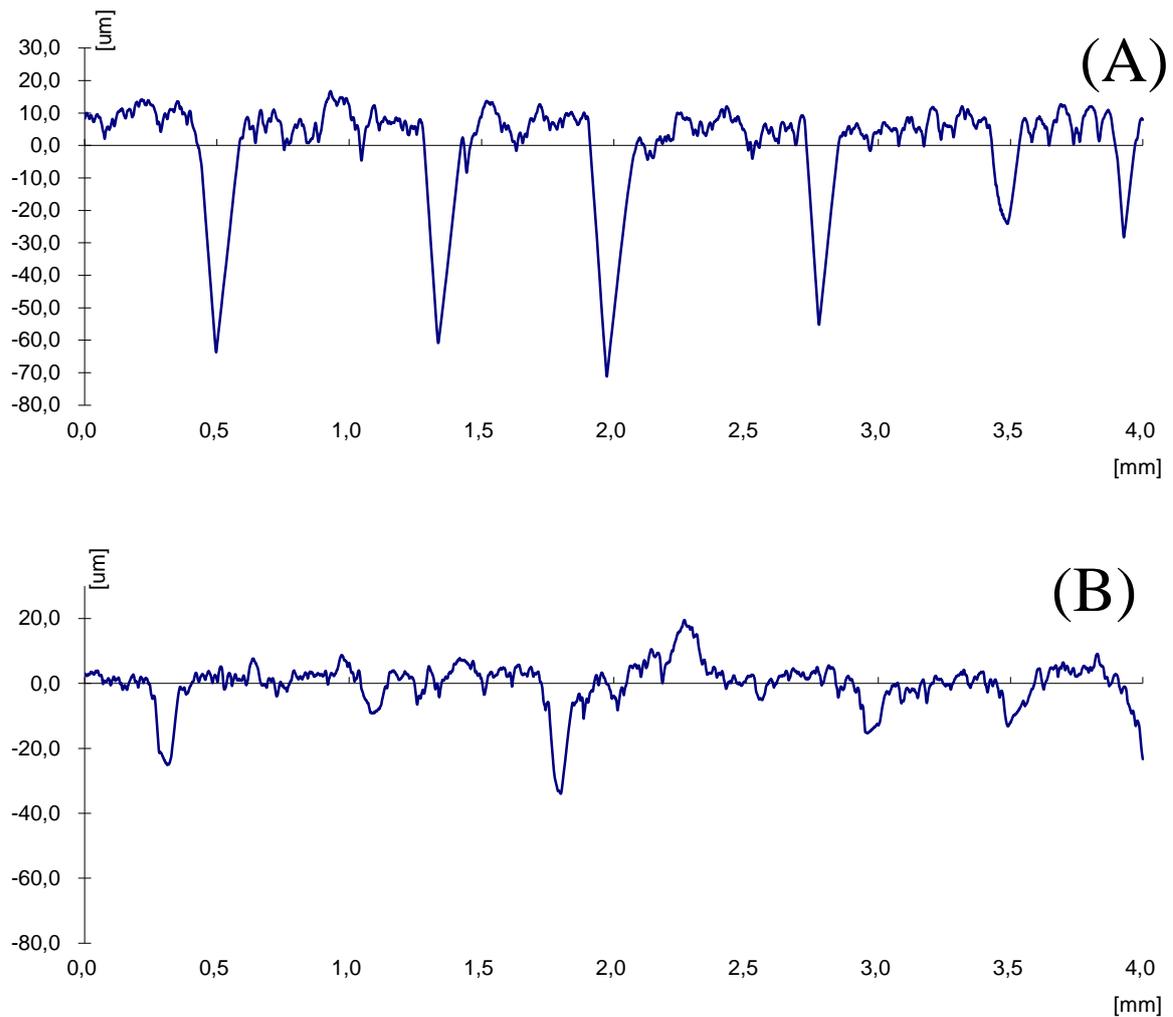


Figura 4.8. Perfil da rugosidade (Ra) da madeira de curupixá sem tratamento (A) e tratada com polisten (B).

As Figuras 4.9 a 4.10 apresentam os resultados dos parâmetros Ra e Rz e Rt para as madeiras de curupixá e tauari sem tratamento e tratadas com verniz e polisten para cada período de exposição ao intemperismo acelerado.

Para o curupixá é observado que para todos os parâmetros (Ra, Rz e Rt), a madeira sem produto de acabamento possui maiores valores durante todo o processo de intemperismo artificial. Quando tratada com verniz a madeira de curupixá obtêm menores valores de todos os parâmetros durante todo o processo de intemperismo, indicando um melhor desempenho deste produto em relação a rugosidade.

Quando tratada com polisten a madeira de curupixá se comporta de maneira similar a madeira tratada com verniz nos primeiros períodos de intemperismo, após 396 horas, os parâmetros de rugosidade da madeira tratada com polisten aumentam indicando perda de

eficácia do produto frente a rugosidade, se equiparando estatisticamente aos parâmetros da testemunha ao final do processo de intemperismo artificial.

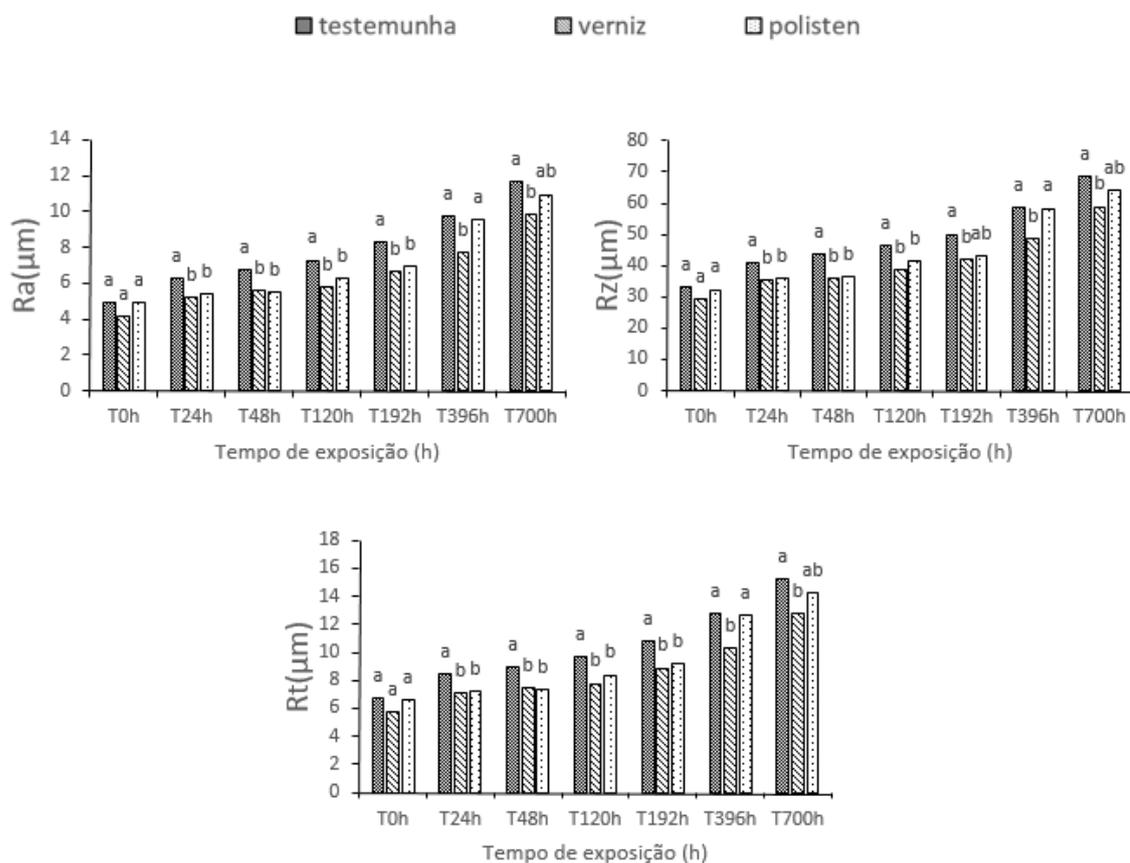


Figura 4.9. Resultados dos parâmetros Ra e Rz e Rt de acordo com o tempo de exposição de intemperismo acelerado para a madeira de curupixá sem tratamento (testemunha) e tratada com verniz e polisten. Onde: colunas agrupadas por tempo seguidas pela mesma letra minúsculas não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Para madeira de tauari, assim como ocorre para a madeira de curupixá, a testemunha possui os maiores valores dos parâmetros de rugosidade, frente aos outros tratamentos (verniz e polisten). A madeira tratada com verniz e polisten possuem o comportamento de seus parâmetros de rugosidade similares durante todo o experimento de intemperismo artificial, havendo valores dos parâmetros menores que o da testemunha, indicando proteção da rugosidade da superfície pelos produtos de acabamento aplicados.

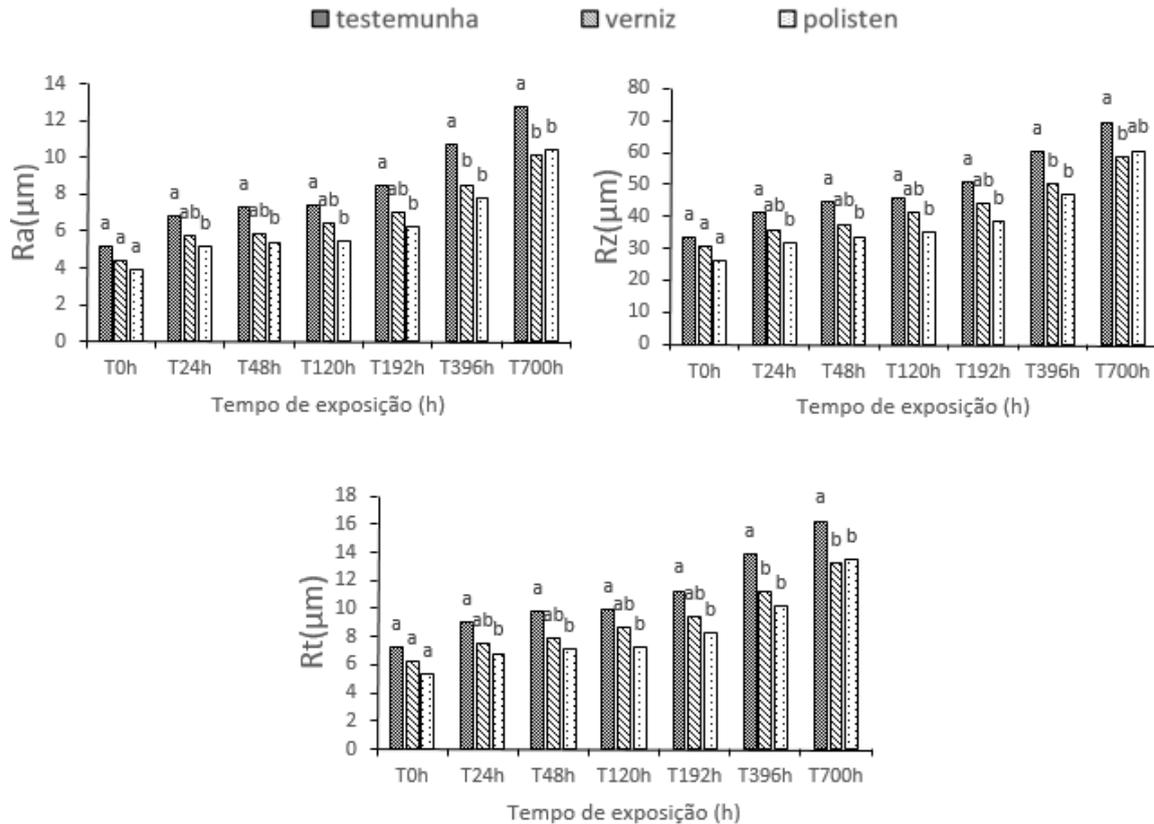


Figura 4.10. Resultados dos parâmetros Ra e Rz e Rt de acordo com o tempo de exposição de intemperismo acelerado para a madeira de tauari sem tratamento (testemunha) e tratada com verniz e polisten. Onde: colunas agrupadas por tempo seguidas pela mesma letras minúsculas não apresentam diferenças significativas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Os valores da rugosidade destas espécies são menores que os das espécies *Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke (MELO et al., 2013), *Simarouba amara*, *Couratari* sp. e *Dipteryx odorata* (TELES, 2014). Esses resultados sugerem que a rugosidade é uma característica bastante variável entre as espécies, pois não só a usinagem e a aplicação de produtos de acabamentos tem influência neste parâmetro, mas também a composição anatômica e a densidade de cada uma.

4.3 ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO MÉDIO

A Figura 4.11 ilustra os espectros DRIFT normalizados das madeiras de curupixá e tauari sem produtos de acabamento e antes do intemperismo artificial acelerado.

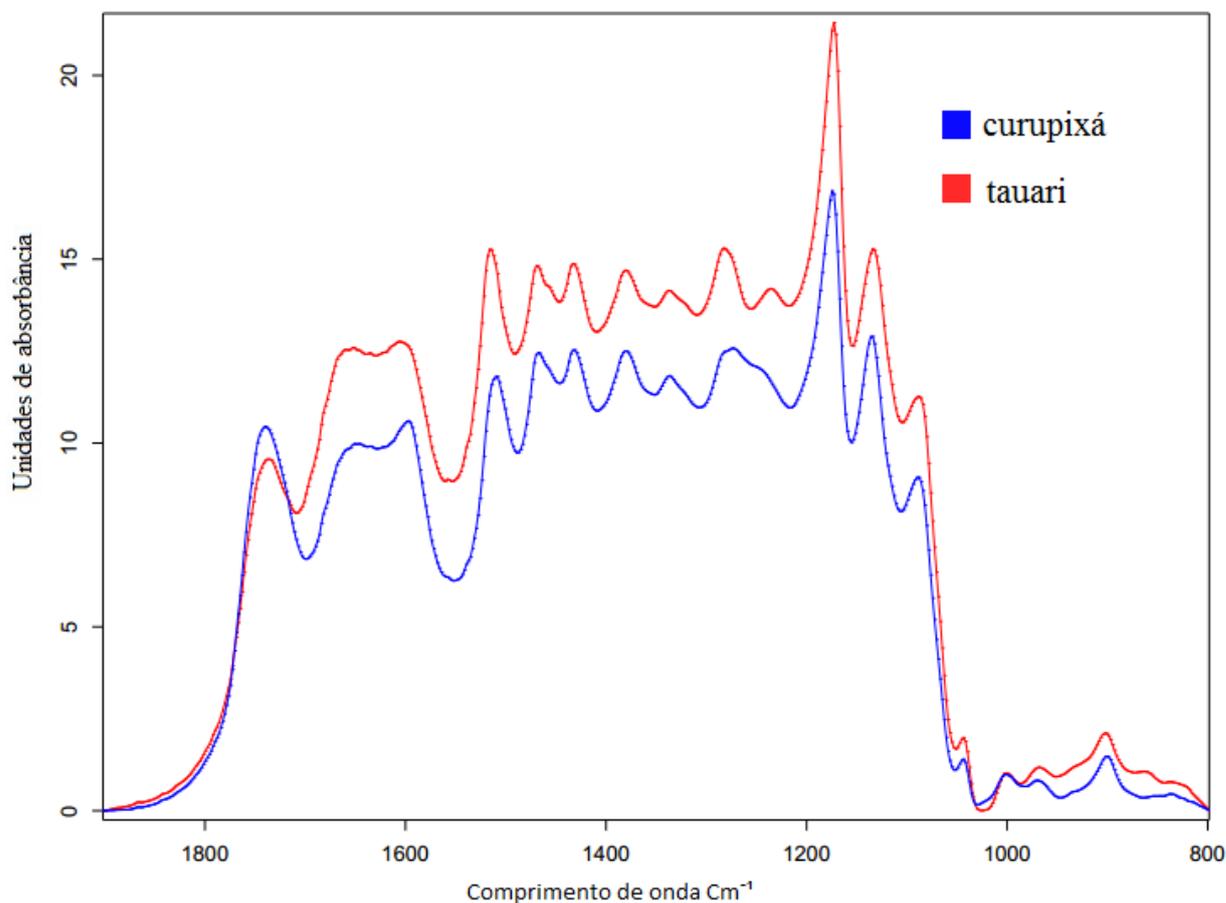


Figura 4.11. Espectros DRIFT das madeiras estudadas.

Para o trabalho em questão, as bandas de interesse são as que se encontram entre 1485cm^{-1} e 1552cm^{-1} onde sua origem ocorre pela vibração da ligação C=C do anel benzênico referente a lignina da madeira, 860cm^{-1} a 948cm^{-1} onde se encontra o pico de celulose e 1731cm^{-1} a 1814cm^{-1} onde se encontra o pico de carbonilas, por se tratarem das bandas puras dos principais constituintes da madeira que são as bandas puras de lignina, carbonila e celuloes.

Durante a fotodecomposição da madeira, algumas estruturas químicas são destruídas e outras são criadas, resultando num aumento ou decréscimo na intensidade das bandas com o aumento do tempo de exposição à radiação UV (PASTORE, 2004), semelhante ao

observado na Figura 4.12, para as madeiras de curupixá e tauari, respectivamente, sem tratamento durante todos os períodos de intemperismo artificial.

Observa-se na figura que em ambas espécies ocorre modificação dos espectros com o passar do tempo de exposição, indicando modificação química observadas pela mudança de intensidade.

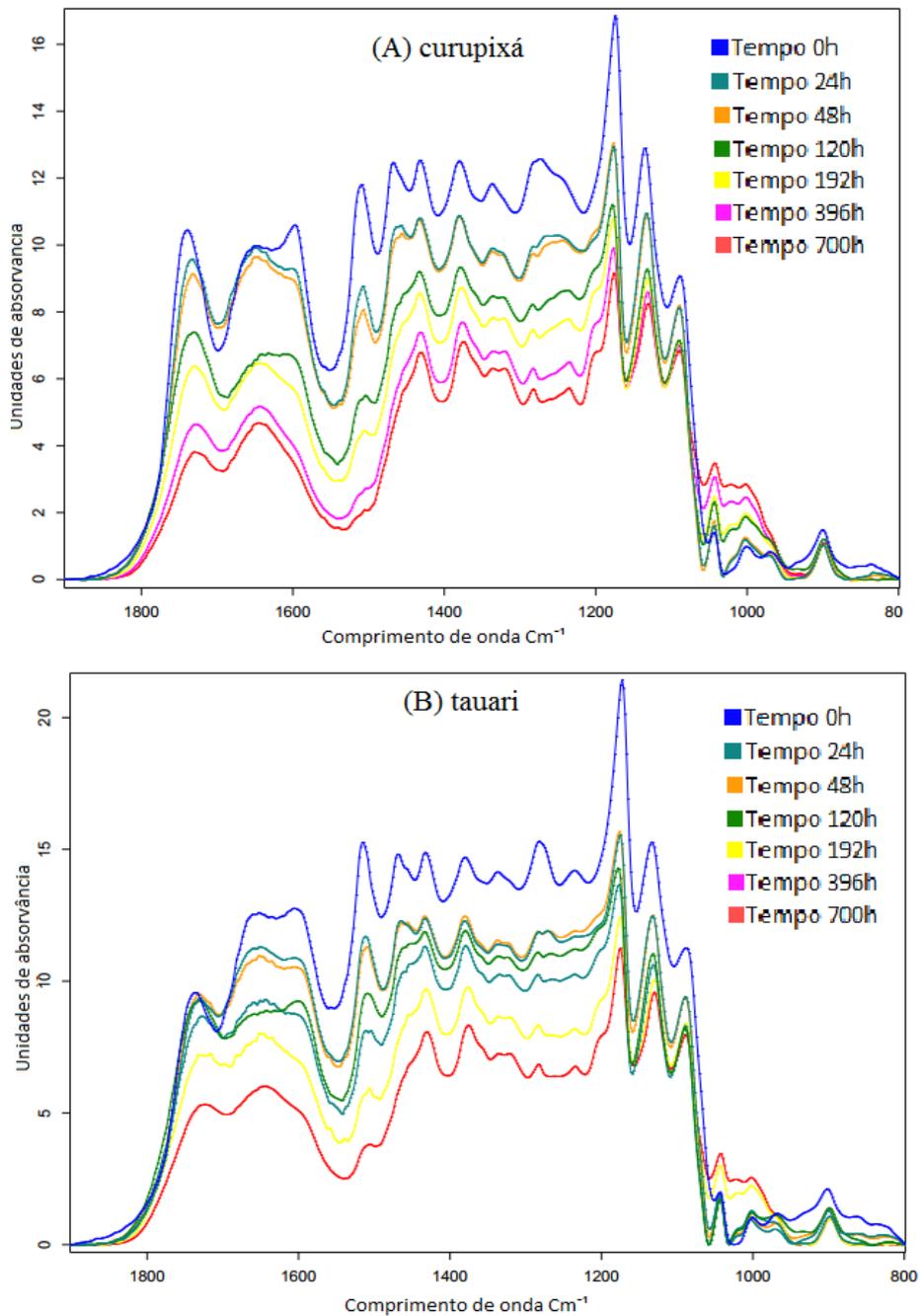


Figura 4.12. Evolução dos espectros DRIFT da madeira de curupixá (A) e tauari (B), sem tratamento, com o tempo de intemperismo artificial.

Ao aplicar produtos de acabamento os espectros das madeiras sofrem variações como observado na Figura 4.13, que compara os espectros da madeira de curupixá e da madeira de tauari sem tratamento (testemunha) e tratadas com verniz e polisten, antes do processo de envelhecimento artificial.

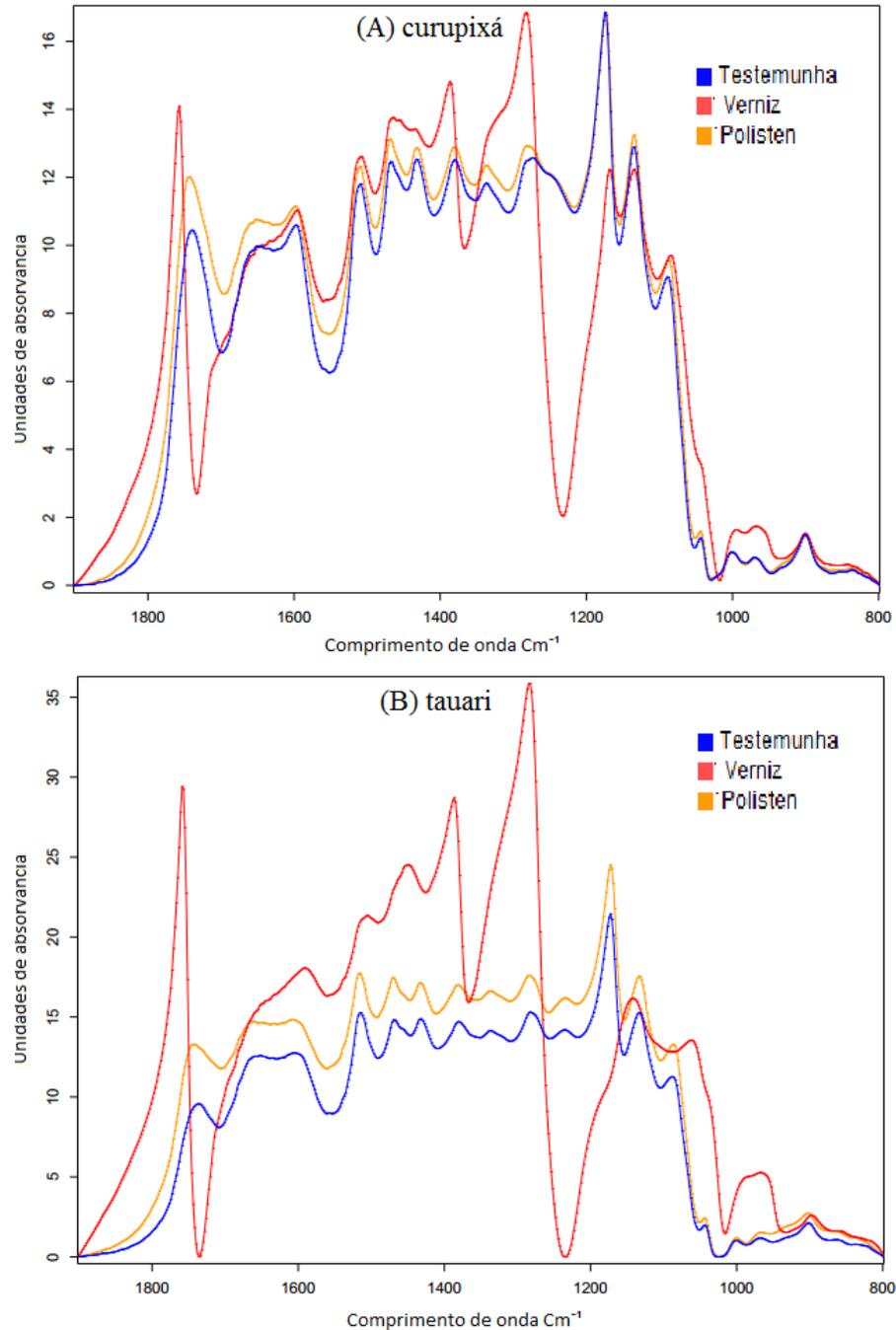


Figura 4.13. Espectros da madeira de curupixá e tauari, respectivamente, sem tratamento (testemunha), e tratadas com verniz e polisten, antes do processo de envelhecimento artificial acelerado.

Observou-se que para as duas espécies de madeira, o espectro que mais apresentou variação quando comparado com o espectro da madeira sem tratamento (testemunha) foi da madeira tratada com verniz. Isso ocorreu devido a característica do verniz de se sobrepor à madeira formando uma película que, devido a sua formulação química e espessura da camada sobreposta, pode acarretar em alterações nas bandas obtidas pela espectroscopia no infravermelho médio. A madeira tratada com polisten permanece com as bandas do espectro muito semelhantes ao da madeira não tratada. Provavelmente, isso ocorre devido a ação impregnante do polisten, conferindo maior penetração, dando um aspecto mais natural do produto na madeira.

A Figura 4.14 e 4.15 apresentam os espectros DRIFT das madeiras de curupixá e tauari, respectivamente, sem produto de acabamento (testemunha), tratadas com verniz e tratadas com polisten, antes e após o intemperismo artificial acelerado, é possível observar as bandas referentes a carbonila, lignina e celulose.

Na Figura 4.14 é possível observar que para todos os tratamentos, o pico do espectro referente a celulose, que aparece próximo a 900cm^{-1} , variou muito pouco ao final do experimento de intemperismo artificial, indicando que praticamente não houve a degradação da celulose. Pode-se observar que a banda localizada a 1759cm^{-1} referente a produtos contendo carbonilas sofre uma redução da intensidade, resultado semelhante é observado em relação a banda localizada em 1517cm^{-1} referente a concentração de lignina, no qual ocorre uma redução drástica de intensidade com o tempo de irradiação, mostrando que este componente da madeira é consumido quase que em sua totalidade durante o processo de intemperismo, associado à lignina está a banda 1597cm^{-1} que como pode ser observado também reduziu em sua totalidade.

Para os espectros referentes a madeira de tauari, observados na Figura 4.15, é observado comportamento semelhante ao ocorrido com madeira de curupixá, em que ocorre a redução drástica da banda de lignina a 1517cm^{-1} seguida de uma redução perceptível de concentração da banda de carbonila 1759cm^{-1} e a preservação da banda de celulose a 900cm^{-1} .

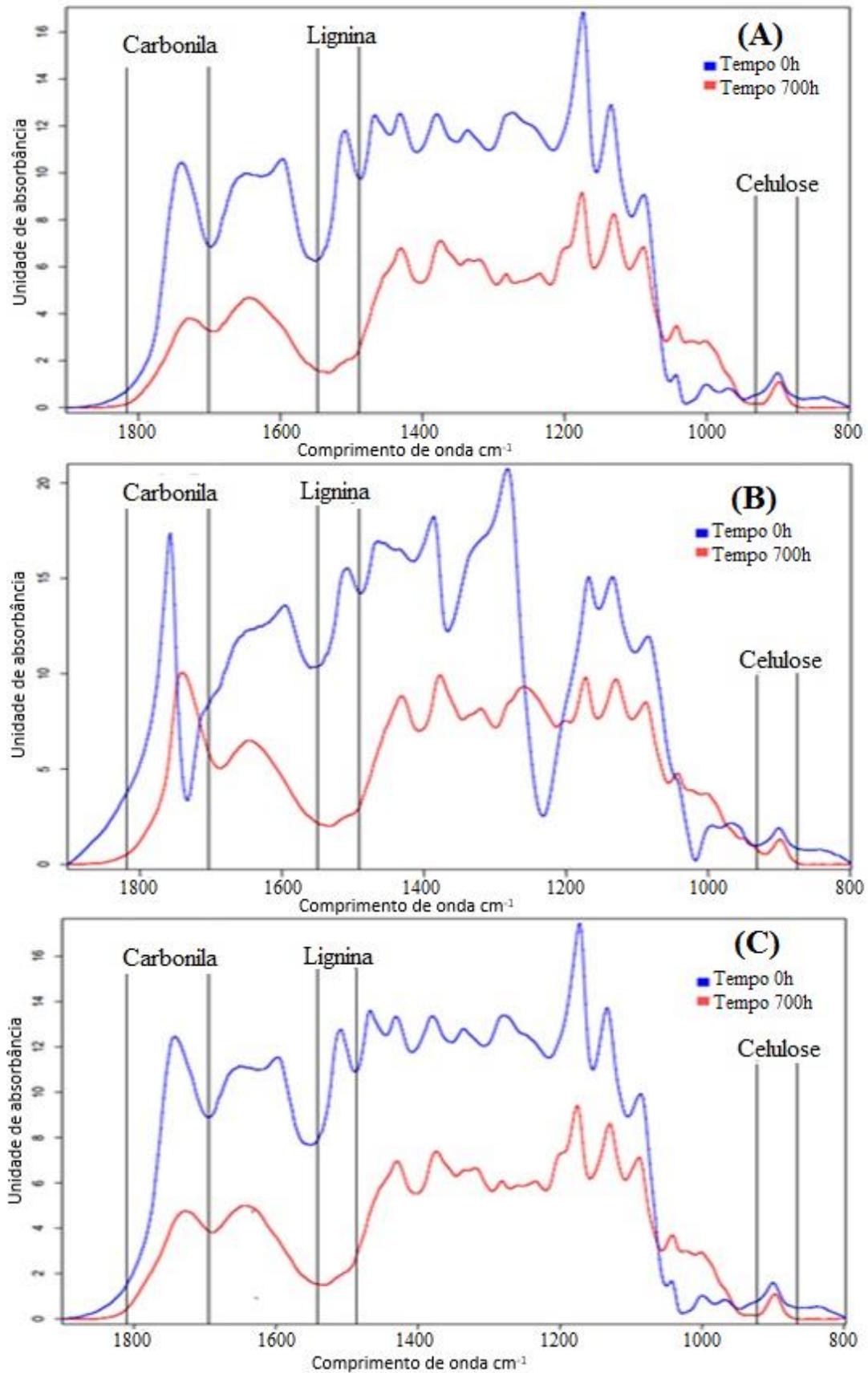


Figura 4.14. Espectros DRIFT da madeira de curupixá sem produto (A), tratada com verniz (B) e tratada com polisten (C), antes (0h) e após (700h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.

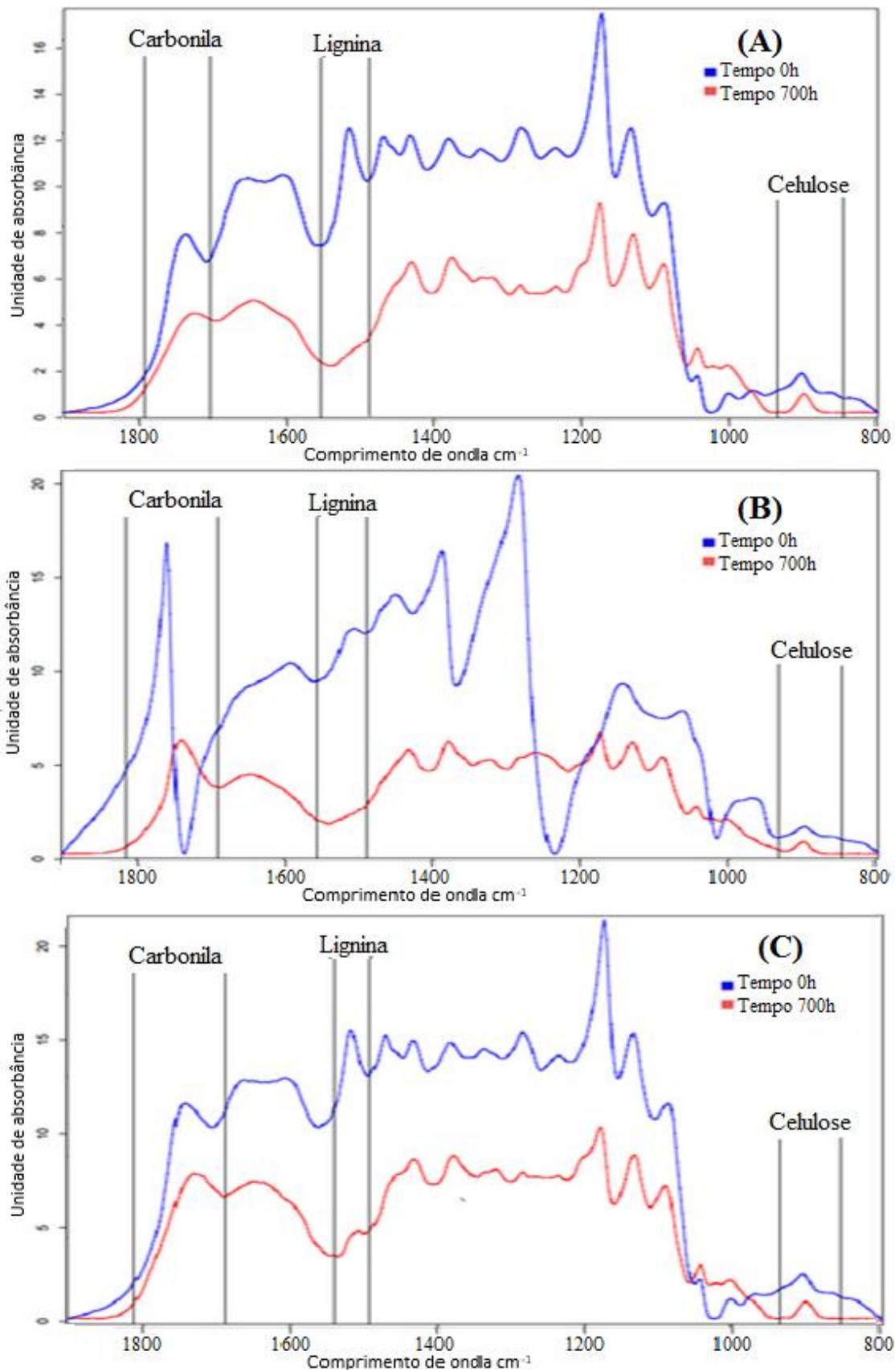


Figura 4.15. Espectros DRIFT da madeira de tauari sem produto (A), tratada com verniz (B) e tratada com polisten (C), antes (0h) e após (700h) o ensaio de intemperismo acelerado artificial.

Com o objetivo de quantificar as alterações ocorridas durante a irradiação, foram feitas medidas da área das bandas de absorção referentes as bandas de carbonila e lignina por integração matemática. As áreas das bandas referentes a celulose não foram integradas devido a sua característica invariável frente ao intemperismo e a utilização de sua banda para a normalização do espectro.

As Tabelas 4.9 e 4.10 apresenta a variação na intensidade das bandas selecionadas dos espectros para madeiras de curupixá e tauari, respectivamente, sem produto de acabamento (testemunha), tratadas com verniz e polisten.

Na Tabela 4.9, observa-se que para a madeira de curupixá, em todos os tratamentos houve a eliminação completa da lignina na superfície da madeira, sendo que para a testemunha a eliminação total da lignina ocorreu às 120 horas de intemperismo, seguida da madeira de polisten e verniz às 192 horas de intemperismo.

Tabela 4.9. Variação na intensidade das bandas de carbonila, lignina e celulose dos espectros da madeira de curupixá sem aplicação de produto, tratada com verniz e polisten.

curupixá Tempo (h)	testemunha		verniz		polisten	
	carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)	carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)
0	0,173	0,104	0,332	0,059	0,178	0,083
24	0,147	0,086	0,244	0,063	0,165	0,062
48	0,132	0,065	0,247	0,047	0,169	0,051
120	0,163	0	0,253	0,031	0,192	0,022
192	0,143	0	0,217	0	0,173	0
396	0,115	0	0,164	0	0,167	0
700	0,108	0	0,131	0	0,147	0

u.a: Unidade de absorbância.

Observa-se que para todos os tratamentos ocorre um comportamento inverso ao se comparar a intensidade das bandas de carbonila e lignina após 48 horas de irradiação, em que ocorre um aumento na concentração de carbonila causado pela formação de compostos carbonílicos resultante da degradação de compostos da lignina.

Após 120 horas de intemperismo artificial, é observado que a concentração de carbonila entra em declínio assim como a concentração de lignina se torna nula, isso pode ocorrer devido a total ausência de qualquer produto de acabamento que provavelmente se exauriu devido a ação do intemperismo artificial.

Segundo Pastore (2004), este comportamento ocorre devido a eliminação de compostos de baixo peso molecular, contendo grupos carbonílicos e carboxílicos que são facilmente removíveis pela água.

Na Tabela 4.10, observa-se para a madeira de tauari comportamento semelhante ao ocorrido para madeira de curupixá, porém, a madeira de curupixá aparenta apresentar maior resistência ao intemperismo artificial devido à maiores concentrações de seus componentes químicos de interesse ao final do intemperismo para os três tratamentos.

Tabela 4.10. Variação na intensidade das bandas de carbonila e lignina dos espectros da madeira de tauari sem aplicação de produto, tratada com verniz e polisten.

tauari	testemunha		verniz		polisten	
Tempo (h)	carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)	carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)	Carbonila (u.a/cm ⁻¹)	lignina (u.a/cm ⁻¹)
0	0,078	0,104	0,510	0,035	0,093	0,075
24	0,083	0,099	0,326	0,062	0,096	0,060
48	0,086	0,087	0,320	0,056	0,111	0,056
120	0,104	0,075	0,304	0,047	0,139	0,045
192	0,084	0,070	0,224	0,040	0,132	0,036
396	0,060	0,039	0,173	0	0,125	0,021
700	0,062	0	0,143	0	0,177	0,018

u.a: Unidade de absorvância.

Observa-se que para a madeira tratada com polisten a quantidade de lignina não se mostra totalmente nula ao final do tratamento, indicando maior resistência da madeira tratada com polisten, seguindo da testemunha em que a concentração de lignina se torna nula no período de 700 horas, e da madeira tratada com verniz ao qual a concentração de lignina se torna nula em torno de 396 horas de intemperismo artificial.

As Figuras 4.16 e 4.17 apresentam os valores da variação na intensidade das bandas de carbonila e lignina para as madeiras de curupixá e tauari, respectivamente, sem produtos de acabamento (testemunha), e tratadas com verniz e polisten.

Para a madeira de curupixá, é observado para todos os tratamentos um comportamento análogo referente a concentração de carbonila onde ocorre um aumento da concentração entre 100 e 200 horas de intemperismo artificial à medida que cai a concentração de lignina, ao exaurir totalmente a lignina o pico de carbonila reduz.

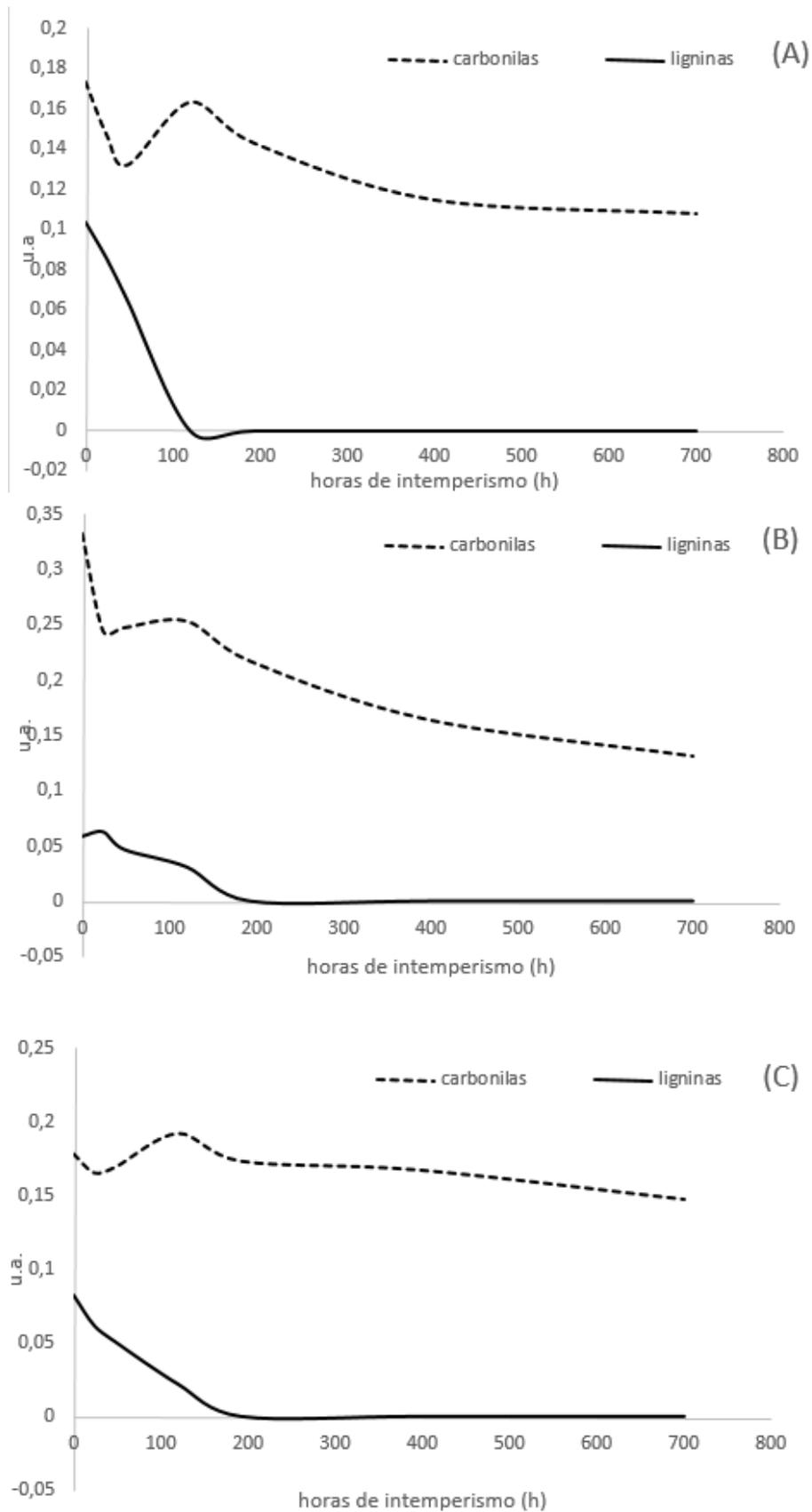


Figura 4.16. Variação de intensidade da madeira de curupixá sem produto de acabamento (A), e tratada com verniz (B) e polisten (C), durante o intemperismo artificial acelerado.

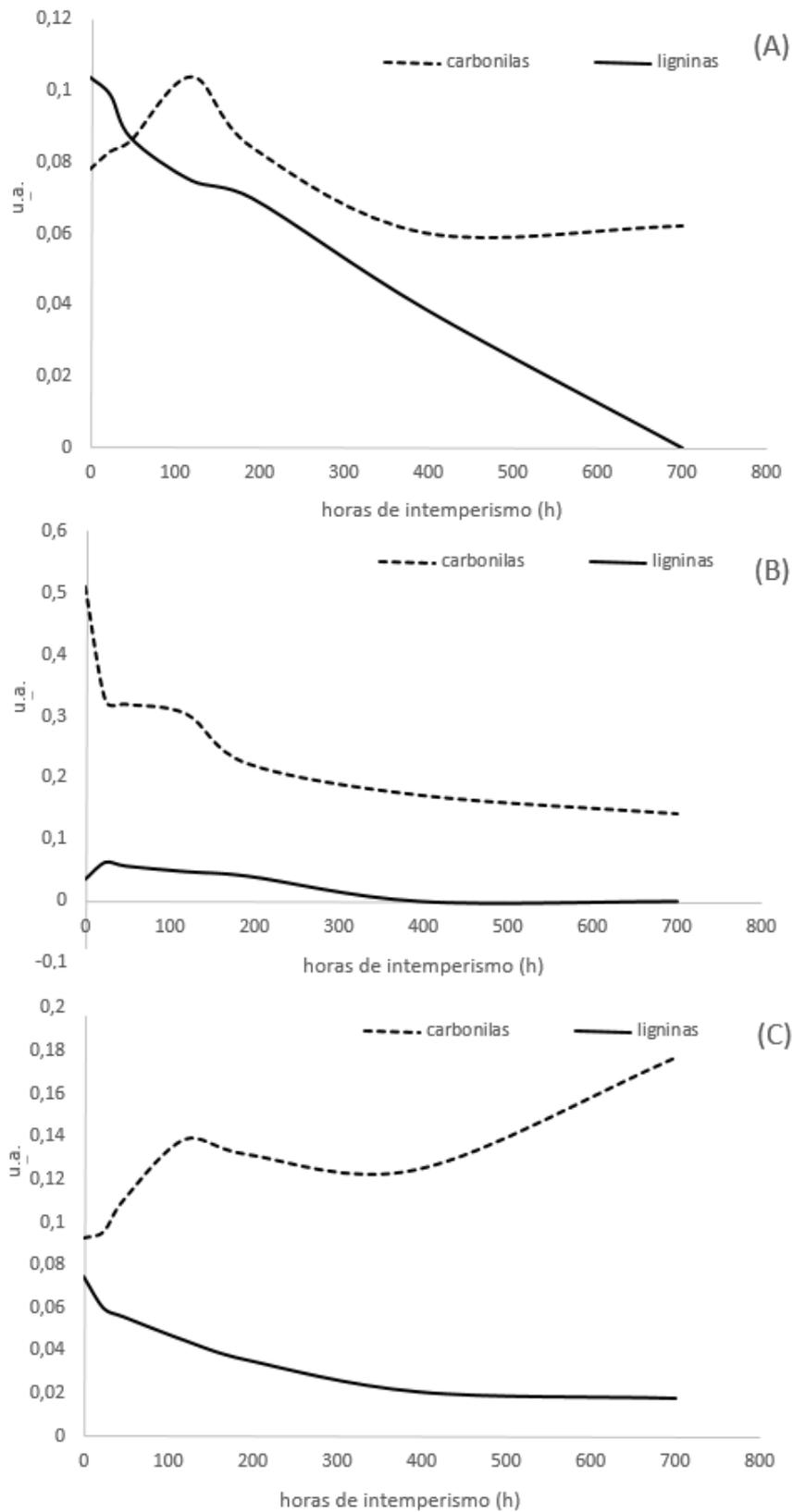


Figura 4.17. Variação de intensidade da madeira de tauari sem produto de acabamento (A), e tratada com verniz (B) e polísten (C), durante o intemperismo artificial acelerado.

Para a madeira de tauari é observado comportamento semelhante ao ocorrido com o curupixá em que ocorre um pico de lignina entre 100 e 200 horas de intemperismo artificial, esse pico reduz a medida que a concentração de lignina reduz.

É observado para a madeira tratada com polisten um aumento na concentração de carbonila ao final do experimento devido a presença de lignina que não foi totalmente degradada.

5 CONCLUSÕES

Em relação à colorimetria da madeira pode-se concluir que as aplicações de produtos de acabamento causaram escurecimento na madeira, sendo que para a espécie curupixá alteração da cor foi muito apreciável quando tratada com produtos de acabamento, e apreciável para a testemunha. Para a espécie tauari quando testemunha e tratada com verniz a alteração da cor foi notável, e muito apreciável quando tratada com polisten.

Para as duas espécies, as madeiras tratadas com polisten apresentaram maior variação colorimétrica. Dentro da mesma espécie, a madeira de curupixá sem tratamento obteve menor variação colorimétrica ($\Delta E=4,4$) e a madeira de tauari tratada com verniz apresentou menor variação colorimétrica ($\Delta E=2,0$).

Na rugosidade da madeira houve aumento maior em madeiras sem os produtos de acabamento, sendo que os parâmetros de rugosidade da superfície das madeiras tratadas com verniz variaram menos nas espécies estudadas.

A espectroscopia no infravermelho médio aplicada às madeiras se mostrou uma ferramenta eficaz na análise de degradação química superficial da madeira. Para a madeira de curupixá, as superfícies tratadas com produtos de acabamento mantiveram suas concentrações de ligninas por mais tempo quando comparadas com as testemunhas.

A madeira de tauari manteve suas concentrações químicas por um período de intemperismo maior quando comparado com a madeira de curupixá para todos os tratamentos, sendo que, quando tratada com polisten foi a única que manteve algum nível de concentração de lignina ao final do tratamento, indicando maior resistência frente ao intemperismo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFROUZI, Y. M.; OMIDVAR, A.; MARZBANI, P. **Effect of artificial weathering on the wood impregnated with Nano-Zinc Oxide**. *Advances in Environmental Biology* (aensi), 8 (10) June 2014, Pages:979-983

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

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.

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

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

BAYSAL, E; TOMAK, E. D; OZBEY, M; ALTIN, E. **Surface properties of impregnated and varnished Scots pine wood after accelerated weathering**. *Coloration Technology*, v. 130, n. 2, p. 140-146, 2014.

BRAGA, P. P. C.; SILVA, J. R. M.; GONTIJO, T. G.; TEIXEIRA, R. L.; NUNES, A. C. M. **Qualificação de superfícies de diferentes madeiras usinadas**. In: *Anais Simpósio de Pós-Graduação em Ciências Florestais; 6.; Simpósio de Ciência e Tecnologia da Madeira do Rio de Janeiro; 2.; 2010; Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: IF, 2010.*

BURDURLU, E.; USTA, I.; ULUPINAR, M.; AKSU, B.; ERASLAN, Ç. **The effect of the number of blades and grain size of abrasives in planing and sanding on the surface roughness of European black pine and Lombardy poplar**. *Turkish Journal of Agriculture & Forestry* 2005; 25:315-321

BURNS, D. A. & CIURCZAK, E. W. (Ed.). **Handbook of near-infrared analysis**. CRC press, 2007.

CAMARGOS, J. A. A. Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais. **Dissertação (Mestrado)** – 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, Brasília, n. 71, p. 30-41, set. 2001.

CHANG, S. T.; HON, S.; FEIST, W. C. **Photodegradation and photoprotection of wood surfaces**. Wood and fiber, v. 14, n. 2, p. 104-107, april. 1982.

COATES, J. **A review of current and new technology used in instrumentation for industrial vibrational spectroscopy**. Spectroscopy, v. 14, n. 10, p. 20+, 1999.

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**. Revista Cerne, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133-139, jan/mar. 2011.

CREEMERS, J.; MEIJER, M.; ZIMMERMANN, T.; SELL, J. **Influence of Climatic Factors on the Weathering of Coated Wood**. Holz als Roh- und Werkstoff, v.60, n. 6, p. 411–420, 2002.

EVANS, P.; CHOWDHURY, J. M.; MATHEWS, B.; SCHMALZL, K.; AYER, S.; KIGUCHI, M.; KATAOKA, Y. **Handbook of Environmental Degradation of Matherials**. New York: William Andrew Inc., 2005.

GARCIA, F. M; MANFIO, D. R; SANSÍGOLO, C. A; MAGALHÃES, P. A. D. **Rendimento no desdobro de toras de itaúba (Mezilaurusitauba) e tauarí (Couratariguianensis) segundo a classificação da qualidade da tora**. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 19, n. 4, p. 468-474, 2012. DOI: 10.4322/floram.2012.059.

GEORGE, B.; SUTTIE, E.; MERLIN, A.; DEGLISE, X. **Photodegradation and photostabilisation of wood—the state of the art**. Polymer Degradation and Stability, v. 88, n. 2, p. 268-274, 2005.

GODOY, L. B. L. N. **Determinação de parâmetros de qualidade em madeira utilizando espectroscopia no infravermelho próximo e calibração multivariada.** Dissertação - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, Campinas, SP, 2010.

GONÇALEZ, J. C. **Caracterisation technologique de quatre espèces peu connues da la forêt Amazonienne: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques.** Nancy, 1993. 446f.: il. Thèse (Doctorat) - Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Nancy, 1993.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. **Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira.** Brasil Florestal, ano XX, n. 72, p. 47- 48, nov. 2001.

GONÇALEZ, J. C.; BREDA, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; JANIN, G. COSTA, A. F.; VALE, A. T. **Características tecnológicas das madeiras de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maiden e Eucalyptus cloeziana F. Muell visando ao seu aproveitamento na indústria moveleira.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

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.** Santa Maria, Rev. Ciência Florestal, vol. 20, núm 4, p. 657-664, out/dez, 2010.

GONÇALEZ, J.C & ZERBINI, N.J. **Atividade florestal madeireira na área de influência do complexo hidrelétrico Belo Monte (PA): cadeia produtiva e propriedades tecnológicas de espécies pouco conhecidas.** Brasília, UnB/ELETROBRAS ELETRONORTE/ANEEL/FINATEC, 2010, 128p.

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação EFLD-003/2008, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 131p, 2008.

HAUPTMANN, M.; MULLER, U.; OBERSRIEBNIG, M.; GINDL-ALTMUTTER, W.; BECK, A.; HANSMANN, C. **The optical appearance of wood related to nanoscale surface roughness.** BioResources, v. 8, n. 3, p. 4038-4045, 2013.

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.

HON, D. N. S.; FEIST, W. C. **Hydroperoxidation in photoirradiated wood surfaces**. Wood and fiber science, v. 24, p. 448-448, 1992.

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

JAKUB, S; MARTINO, N. **Wood surface roughness—what is it?** Proc IWMS, v. 17, p. 242-250, 2005.

JIROUS-RAJKOVIC, V.; BORGNER, A.; RANDOVAN, D. **The efficiency of various treatments in protecting wood surfaces against weathering**. Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions, v. 87, n. 1, p. 15-19, 2004.

JIS – JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD. **Geometrical Products Specifications (GPS) – Surface texture: profile method – Terms, definitions and surfaces texture parameters**. JIS B 0601. Tokyo, 2001.

KILIC, M; HIZIROGLU, S; BURDURLU, E. **Effect of machining on surface roughness of wood**. Building and Environment, v. 41, n. 8, p. 1074-1078, 2006.

KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS Inc. **Comunicação precisa da cor**. 1998. 57 p.

KONICA MINOLTA SENSING AMERICAS Inc. **Colorimetria: Como medir diferenças de cor**. konica Minolta Sensing Americas, Inc. 101 Williams Drive Ramsley, 2014.

LIMA, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; DA COSTA, T. R. V.; PEREIRA, R. S.; LIMA, J. B.M.; LIMA, M. D. S. **Comportamento Da Cor De Lâminas De Madeira De PauMarfim (Balfouro Dendronriedelianum) Tratada Com Produtos De Acabamento**. REVISTA ÁRVORE, VIÇOSA-MG, V.37, N.2, P.377-384, 2013

LOPES. J. O. **Uniformidade e estabilidade da cor da madeira termorretrificada de Tectona grandis L.f**. Dissertação de Mestrado em ciências no programa de Pós-Graduação

em Ciências Ambientais e Florestais, Instituto Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Abril, 2012.

MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais.** Manaus: SEBRAE-AM, 2000. 212 p

MARTINS, S. SANTOS, C. M. T. GONÇALEZ, J. C. CAMARGOS, J. A. A. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea var. hondurensis*. Revista Floresta, Curitiba, v.41 , n.1, p.87-96p, jan./mar. 2011.

MELO, O. R. R.; DEL MENEZZI, C. H. S.; SOUZA, M. R.; STANGERLIN, D. M. **Avaliação das Propriedades Físicas, Químicas, Mecânicas e de Superfície de Lâminas de Paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex. Ducke).** Floresta e Ambiente; 20(2):238-249. 2013.

MITUTOYO CORPORATION. **SJ - 301 Surf test Roughness Tester.** User`s manual, 2004. 346p.

NICOLAI, B. M.; BEULLENS, K.; BOBELYN, E.; PEIRS, A.; SAEYS, W.; THERON, K. I; LAMMERTYN, J. **Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy: A review.** Postharvest Biology and Technology, v. 46, n. 2, p. 99-118, 2007.

NUOPPONEN, M. H.; BIRCH, G. 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, n. 1, p. 34-40, 2006.

PASTORE, T. C. M. **Estudos do efeito da radiação ultravioleta em madeiras por espectroscopias RAMAN (FT-RAMAN), de refletância difusa no infravermelho (DRIFT) e no visível (CIE-L*a*b*).** 2004. 131 p. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PASTORE, T. C. M. **Efeito do intemperismo artificial em quatro madeiras tropicais monitorado por espectroscopia de infravermelho (DRIFT).** Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, Brasil, 2008.

Q-LAB CORPORATION. **Technical Manual QUV Accelerated Weathering Tester**. User Manual, section 5.2, page 1, 2011

SADOH, T; NAKATO, K. **Surface properties of wood in physical and sensory aspects**. Wood science and Technology, v. 21, n. 2, p. 111-120, 1987.

SANTOS, A. P. **Espectroscopia de infravermelho próximo em análises de solos e plantas**. Dissertação - Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Ciências Agrárias, Uberlândia, MG, 2011.

SCHALLER, C. & ROGEZ, D. **New approaches in wood coating stabilization**. Journal of Coatings Technology and Research, v. 4, n. 4, p. 401-409, 2007.

SCHALLER, C.; ROGEZ, D.; BRAIG, A. **Hindered amine light stabilizers in pigmented coatings**. Journal of Coatings Technology and Research, v. 6, n. 1, p. 81-88, 2009.

SCRINZI, E.; ROSSI, S.; DEFLORIAN, F.; ZANELLA, C. **Evaluation of aesthetic durability of waterborne polyurethane coatings applied on wood for interior applications**. Progress in Organic Coatings, v. 72, n. 1, p. 81-87, 2011.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Acabador de móveis**. Ubá: CFP/JAGS, 1995. 29 p.

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P.F. **A utilização de rugosímetro na qualificação de superfícies usinadas em madeiras de Eucalyptus sp**. In: Anais Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira; 10.; São Pedro. São Pedro: UNESP; 2006

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M.; PATORE JUNIOR, F. **Resistência ao intemperismo artificial de cinco madeiras tropicais e de dois produtos de acabamento**. Santa Maria: Ciência Florestal, v. 17, n. 1, 2007. p. 17-23.

SILVA, J. R. M; BRAGA, P. P. C; MARTINS, M; FILIPE, A. P. **Identificação de parâmetros de rugosidade para qualificação de pisos de Eucalyptus grandis**. In: Anais Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira. 11., 2008; Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2008.

SKOOG, Douglas A. et al. **Fundamentos de química analítica**. 8. ed. São Paulo: Thomson, 2006.

SOUZA, M. H.; MAGLIANO, M. M.; CAMARGOS, J. A. A. **Madeiras Tropicais Brasileiras**. IBAMA/Laboratório de Produtos Florestais, Brasília. 152p.1997.

SULAIMAN, O.; HASHIM, R.; SUBARI, K.; LIANG, C. K. **Effect of sanding on surface roughness of rubberwood**. Journal of Materials Processing Technology, v. 209, n. 8, p. 3949-3955, 2009.

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

TELES, R. F.; **Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente**. 2014. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília, DF, 2014. 32p.

TEMIZ, A.; YILDIZ, U. C.; AYDIN, I.; EIKENES, M. ALFREDSSEN, G.; ÇOLAKOGLU, G. **Surface roughness and color characteristics of wood treated with preservatives after accelerated weathering test**. Applied Surface Science. n.250. 2005. p. 35 – 42.

TEIXEIRA, A. P.; OLIVEIRA, R.; ALVES, P. M.; CARRONDO, M. J. T. **Advances in on-line monitoring and control of mammalian cell cultures: supporting the PAT initiative**. Biotechnology advances, v. 27, n. 6, p. 726-732, 2009.

TOLVAJ, L. **Discoloration and deterioration of wood surface by ultraviolet light**. In: Wood Structure and Properties'94 - The 2nd International Symposium, Zvolen – Slovakia, 1994, p.181-189.

VARANDA, L. D.; ALVES, M. C. S.; GONÇALVES, M. T. T.; SANTIAGO, L. F. F. **A influência das variáveis do lixamento tubular na qualidade das peças de Eucalyptus grandis**. Rev, Cerne 2010; 16:23-32.