

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO E  
PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

Beatriz Maria Fonseca Silva

**O emprego de painéis industrializados derivados da madeira como  
suporte pictórico: a importância do estudo dos materiais para preservação de  
obras**

Belo Horizonte  
2022

Beatriz Maria Fonseca Silva

**Painéis industrializados derivados da madeira como suporte pictórico: a importância do estudo do material para a conservação de obras.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Linha de Pesquisa: Tecnologia do Ambiente Construído

Orientador: Prof. Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Antônio Cruz Souza

Belo Horizonte  
2022

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586e

Silva, Beatriz Maria Fonseca.

O emprego de painéis industrializados derivados da madeira como suporte pictórico [manuscrito] : a importância do estudo dos materiais para preservação de obras / Beatriz Maria Fonseca Silva. - 2022.

295 f. : il.

Orientador: Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco.

Coorientador: Luiz Antônio Cruz Souza.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Painéis de madeira - Teses. 2. Arte moderna - Teses. 3. Madeira - Conservação - Teses. 4. Pintura - Teses. I. Carrasco, Edgar Vladimiro Mantilla. II. Souza, Luiz Antônio Cruz. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 702.88



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**"O emprego de painéis industrializados derivados da madeira como suporte pictórico: a importância do estudo dos materiais para preservação de obras"**

**BEATRIZ MARIA FONSECA SILVA**

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **dois de setembro de dois mil e vinte e dois**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Profa. Dra. Alessandra Rosado**

Escola de Belas Artes/UFMG

**Profa. Dra. Ana Cláudia Vasconcellos Magalhães**

Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

**Profa. Dra. Gabriela de Lima Gomes**

Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

**Prof. Dr. Willi de Barros Gonçalves**

Escola de Belas Artes/UFMG

**Profa. Dra. Yacy-Ara Froner Gonçalves**

Escola de Belas Artes/UFMG

**Prof. Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco** - Orientador

PPG-ACPS/UFMG

**Prof. Dr. Luiz Antonio Cruz Souza** - Coorientador

Escola de Belas Artes/UFMG

Belo Horizonte, 02 de setembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Willi de Barros Goncalves, Professor do Magistério Superior**, em 21/12/2022, às 18:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gabriela de Lima Gomes, Usuária Externa**, em 21/12/2022, às 19:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Rosado, Vice-diretor(a) de centro**, em 21/12/2022, às 20:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Yacy Ara Froner Goncalves, Professora do Magistério Superior**, em 22/12/2022, às 12:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Cláudia Vasconcellos Magalhaes, Usuário Externo**, em 22/12/2022, às 14:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Antonio Cruz Souza, Professor do Magistério Superior**, em 23/12/2022, às 11:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco, Professor do Magistério Superior**, em 30/05/2023, às 11:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1981166** e o código CRC **8256FB03**.

Dedico este trabalho em memória dos meus pais, de maneira especial aos meus amados filhos e a alegria da renovação com a chegada da Ágata.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, sempre, em primeiro lugar à Deus.

Aos meus orientadores Professores Dr. Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco e Dr. Luiz Antônio Cruz Souza.

Aos Professores membros da banca Alessandra Rosado, Ana Cláudia Vasconcellos, Gabriela Gomes, Yacy Ara Froner e Willi de Barros Gonçalves.

Ao Vitim pelas correções.

Às conservadoras-restauradoras Rita de Cássia Cavalcante, Lilian da Cruz Ramos, Marina Mayumi de Souza, Aline Torres e Denise Camilo, pela generosidade em compartilhar suas experiências.

Ao conservador-restaurador Adriano Furini pelo empréstimo de obras e livros para estudo.

Aos amigos, professores e equipe do Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Às empresas Duratex e Eucatex.

À artista Yara Tupinambá.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Deus fará absurdos, contanto  
que a vida seja assim, sim, um  
altar, onde a gente celebre tudo  
que Ele consentir.

(Gil, 1997)



## RESUMO

A presente tese investiga o emprego de painéis compósitos derivados da madeira na arte moderna e contemporânea sob a ótica da Conservação de Bens Culturais. Estes materiais foram desenvolvidos com o objetivo de melhorar o aproveitamento e uso sustentável da madeira, além de estender as opções de utilização, em função dos avanços obtidos no processo de fabricação. Dimensões ampliadas, controle dos defeitos naturais, possibilidade de uniformização das propriedades físico-mecânicas, emprego de aditivos químicos para aumento de resistência, proteção contra contaminações biológicas e custo reduzido estão entre as vantagens descritas sobre a matéria prima básica, a madeira. Na atualidade, a indústria dos painéis produzidos a partir de sarrafos, lâminas, partículas ou fibras de madeira tornou-se um setor em constante crescimento e desenvolvimento tecnológico. As qualidades destes materiais foram também percebidas na esfera artística, e os painéis empregados em obras pictóricas de pequeno, médio e grande porte. Estudos no campo da engenharia, arquitetura e mobiliário, mercado principal da produção destes compósitos, são comuns. Esta pesquisa visa, de forma original, estudar obras executadas sobre os painéis derivados da madeira, objetivando identificar deteriorações provenientes do suporte, visto que existem peculiaridades no processo de fabricação e nas características de cada tipo que podem influenciar no estado de conservação das obras. A falta de conhecimento destes fatores é problemática para a aplicação da técnica do artista, para o acondicionamento, para a referência/registro correto da obra e, conseqüentemente, para tratamentos de conservação e restauração. O ponto de partida da pesquisa foi o entendimento das características da madeira e dos painéis compósitos, a fim de estabelecer conexões e comparações entre a matéria prima básica e seus compósitos, na estrutura básica constituinte e no uso como suporte pictórico. Dessa forma, integra-se com a Ciência da Conservação e os campos da Conservação Preventiva e História da Arte Técnica como linhas de investigação. O material produzido nesta tese pode contribuir como aporte técnico para conservadores-restauradores, para artistas em relação à escolha adequada dos painéis, para acondicionamento das obras, bem como para a especificação correta do material em registros e inventários.

**Palavras-chave:** Painéis Industrializados de Madeira. Pinturas. Conservação.

## **ABSTRACT**

This thesis investigates the use of wood-based panels in modern and contemporary art from the perspective of the Conservation of Cultural Heritage. These materials have been developed to enhance the applications and sustainable utilization of wood, as well as to expand the options for its use due to advancements in the manufacturing process. The main advantages described over the basic raw material, wood, include dimensional extension, control of natural flaws, potential for standardization of physical-mechanical properties, addition of chemical additives to enhance resistance, protection against biological contamination, and cost reduction. Currently, the industry of panel production using lumbers, veneers, particles, or wood fibers has experienced continuous growth and technological development. The qualities of these materials have also been recognized in the artistic context, finding application in small, medium, and large paintings. Although the engineering, architecture, and furniture sectors are the main markets for producing these composites, this research takes an original approach by studying artworks created using wood composites to identify deteriorations related to the support. The manufacturing process and specific characteristics of each type of composite can significantly influence the state of conservation of artworks. The lack of knowledge regarding these factors poses challenges in terms of the artist's technique, storage and exhibition practices, accurate referencing, and registration of paintings, as well as conservation and restoration treatments. The initial focus of this research was to comprehend the characteristics of woods and wood-based panels to establish connections and comparisons between the basic raw material and its composites, both in terms of their fundamental structures and their use as pictorial supports. The study integrates Conservation Science with the fields of Preventive Conservation and Technical Art History as key lines of investigation.

**Keywords:** Wood-Based Panels. Paintings. Conservation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Propaganda Painéis Eucatex.....	24
Figura 2 - Propaganda Painéis Duratex .....	25
Figura 3 - Alternado I, 1956, Hermelindo Fiaminghi. Esmalte sobre Eucatex .....	28
Figura 4 - Obra de autoria de Carlos Scliar, acervo do Senado Federal .....	29
Figura 5 - Obras em “Duratex” .....	30
Figura 6 - Antiga tecnologia de corte de madeira em lâminas.....	34
Figura 7 - Processo industrial de laminação para produção de chapas de compensado. ....	35
Figura 8 - Produção Florestal: Principais produtos e consumos.....	35
Figura 9 - Geometria da madeira empregados na produção dos painéis de madeira.....	39
Figura 10 - Tipologia dos PIDM .....	41
Figura 11 - Registro trabalhos em madeiras antigo Egito.....	44
Figura 12 - Imagem de uma antiga serraria em 1650.....	46
Figura 13 - Serra de fita de Newberry (1808).....	46
Figura 14 - Patente do americano John Mayo.....	47
Figura 15 - Detalhe de uma seção transversal de um compensado de 7 camadas com .....	50
Figura 16 - Comparação entre a estabilidade de lâminas individuais e o compensado de três lâminas .....	51
Figura 17 - Desenho esquemático da montagem do compensado sarrafeado.....	54
Figura 18 - Esquema da fabricação de chapas de compensado sarrafeado .....	55
Figura 19 - Representação esquemática de empenamentos nas chapas de compensados laminados .....	56
Figura 20 - Empenamentos proveniente de colagem de sarrafos .....	57
Figura 21 - Painéis de partículas de madeira .....	59
Figura 22 - Produção Florestal e Industrial painéis MDP .....	61
Figura 23 - Processo de produção de MDP .....	62
Figura 24 - Produção painéis de fibra pelo processo úmido.....	69
Figura 25 - Produção painéis de fibra pelo processo seco.....	70
Figura 26 - Chapa dura: uma face lisa e outra corrugada .....	72
Figura 27 - Chapa dura perfurada.....	73
Figura 28 - Placas de chapa duras aplicadas externamente antes do revestimento .....	73
Figura 29 - Tolerâncias dimensionais .....	74
Figura 30 - Propriedades físico-químicas.....	75
Figura 31 - Propriedades Físico -mecânicas e higroscópicas .....	76
Figura 32 - William Mason e a prensa Masonite, c. 1939.....	77

Figura 33 - Fábrica Masonite, Laurel, Mississipi, 1940.....	78
Figura 34 - Os diversos produtos Masonite.....	78
Figura 35 - Obra Belo Horizonte à noite, artista: Amílcar de Castro .....	80
Figura 36 - Celotex. <i>How to Build Beautiful Interiors with Celotex</i> .....	81
Figura 37 - Esquema ilustrativo do processo de produção de MDF .....	84
Figura 38 - Propriedades Físico-Mecânicas e higroscópicas da produção de MDF .....	87
Figura 39 - Amostras de MDF 6mm com deformações .....	88
Figura 40 - Deformação das amostras.....	88
Figura 41 - Deformação das amostras.....	88
Figura 42 - Recomendações de uso dos painéis de MDF .....	89
Figura 43 - Etiqueta <i>French's Artist Board</i> .....	91
Figura 44 - Painéis MDF Medite Clear e Medite FR Clear .....	92
Figura 45 - Especificações Técnicas Painéis MDF Medite Clear.....	92
Figura 46 - Selo Painel Ampersand .....	93
Figura 47 - Tipos de painéis da Série <i>Museum</i> .....	94
Figura 48 - Espaço Arvorar .....	95
Figura 49 - Interior do Espaço Arvorar .....	95
Figura 50 - Obra: Duas figuras femininas. Sem Data.....	98
Figura 51- Tipos de Encaixes e Junções .....	100
Figura 52- Obra: Crucifixo, ca. 1280 .....	101
Figura 53 - Desenho indicando o posicionamento de cavilhas e pregos na obra Crucifixo	102
Figura 54 - Obra: <i>Madonna del Baldacchino</i> .....	103
Figura 55 - Verso da obra <i>Madonna del Baldacchino</i> .....	103
Figura 56 - Madona de Pintassilgo, 1506.....	105
Figura 57 - Detalhe do processo de restauração .....	105
Figura 58 - Obra: Maestà, 1311.....	106
Figura 59 - Detalhe da vista lateral da obra O Milagre da lâmpada de São Bartolomeu, século X. ....	106
Figura 60 - Nu sentado pequeno, 1907.....	108
Figura 61 - Cabeça de Homem (1908).....	108
Figura 62 - Conjunto de Páginas , 1951.....	109
Figura 63 - Tinta Ripolin.....	110
Figura 64 - A poltrona vermelha (1931) .....	110
Figura 65 - Obra: Minha Família, 1966 Anna Maria Maiolino .....	111
Figura 66 - Exposição <i>Inside the Plywood: Material of the Modern World exhibition</i> . ....	113
Figura 67 - Exposição <i>Inside the Plywood: Material of the Modern World exhibition</i> . ....	114

Figura 68 - <i>Inside the Plywood: Material of the Modern World exhibition</i> .....	114
Figura 69 - Objetos selecionados na publicação <i>A short history of plywood in ten-ish objects</i> .....	115
Figura 70 - Ferrovia elevada em compensado (1867).....	116
Figura 71 - Canoa produzida pela <i>Haskell Boat Company</i> .....	116
Figura 72 - Protótipo de residência em compensado elaborado por <i>Forest Products Laboratory</i> em 1937. ....	117
Figura 73 - Avião Mosquito .....	117
Figura 74 - Objetos selecionados na publicação <i>A short history of plywood in ten-ish objects</i> .....	118
Figura 75 - Obra: Albano, Italy, de George Inness .....	119
Figura 76 - Verso da obra Albano, Italy.....	119
Figura 77 - Verso da obra <i>Garden Party</i> .....	120
Figura 78 - Obra: Nu sentado sobre chão verde, 1946. ....	121
Figura 79 - Obra: Um casal com a cabeça cheia de nuvens, 1936. ....	122
Figura 80 - Tipo de suporte e verso de um dos lados da obra Um casal com a cabeça cheia de nuvens... ..	123
Figura 81 - Obra: Busto de Mulher, s.d. ....	124
Figura 82 - Obra: Pintura de Mulher, s.d. ....	124
Figura 83 - Obra: Esquiço, s.d. ....	125
Figura 84 - <i>La Fée Électricité</i> .....	126
Figura 85 - Avaliação da obra pela restauradora Cécile des Cloizeaux .....	127
Figura 86 - Principais danos .....	127
Figura 87 - Procedimentos de Conservação .....	128
Figura 88 - Portinari pintando os painéis Guerra e Paz.....	128
Figura 89 - Painéis Guerra e Paz.....	129
Figura 90 - Desmontagem dos painéis na ONU em novembro de 2010 .....	129
Figura 91 - Detalhe da lateral do painel Paz. Mostrando o suporte em compensado naval, composto por cinco camadas de lâminas de madeira sobrepostas. Escala 2 cm.....	130
Figura 92 - Detalhe deterioração painel Guerra e paz.....	130
Figura 93 - Painel Civilização Mineira, de Candido Portinari, 1959 .....	131
Figura 94 - Infestação por cupins. Verso da obra.....	131
Figura 95 - Tratamento para infestação cupins .....	132
Figura 96 - Preparação da nova estrutura (tipo chassi) para receber o painel .....	132
Figura 97 - Nivelamento da camada pictórica .....	133
Figura 98 - Obra: <i>Prism 4</i> , 1972.....	133

Figura 99 - Frente e verso da obra <i>Prism 4</i> .....	134
Figura 100 - Deteriorações na camada pictórica proveniente dos pregos.....	135
Figura 101 - Intervenção anterior na camada pictórica .....	135
Figura 102 - Posicionamento e rebaixamento dos pregos .....	136
Figura 103 - Tratamento estético na camada pictórica.....	136
Figura 104 - Obra: <i>Off for Honeymoon</i> , 1918-1925.....	137
Figura 105 - Obra: <i>Lurking Creator</i> , 1951. ....	138
Figura 106 - Obra: Roda de samba, 1957.....	138
Figura 107 - <i>Série Cycle: The creation of the world</i> .....	139
Figura 108 - <i>Série Cycle The creation of the world</i> . ....	140
Figura 109 - Obra: Santo Ingênuo.....	141
Figura 110 - O descimento de Cristo da Cruz e a Ressurreição. ....	142
Figura 111 - Estado de conservação da obra .....	143
Figura 112 - Armário para crianças (1952). Projeto: Henry Peter.....	144
Figura 113 - Projeto de Charles e Ray Eames .....	145
Figura 114 - Verso da obra: <i>La Massacre de Ponce</i> , 1989. ....	147
Figura 115 - Obra: <i>Trayectoria luz</i> , s.d.....	147
Figura 116 - Detalhe do verso da obra: <i>Meditacion</i> , 1966.....	148
Figura 117 - Deterioração da camada pictórica.....	149
Figura 118 - Preparação da chapa dura para pintura.....	149
Figura 119 - Obra: Sem Título (1971) de José Bizarro. Acrílica sobre Platex, 180 x 130 cm .....	150
Figura 120 - Obra: Sem Título, 1983.....	152
Figura 121 - Estado de conservação da Obra Sem Título.....	152
Figura 122 - Algumas obras da Série <i>Small paintings on Masonite and Coper</i> .....	154
Figura 123 - Algumas obras da série <i>Paintings on Masonite</i> .....	154
Figura 124 - <i>El Cargador de Flores</i> , Diego Rivera (1935) .....	155
Figura 125 - <i>Going West</i> , ca 1934-35, Jackson Pollock .....	156
Figura 126 - Autorretratos de Frida Kahlo em Masonite.....	157
Figura 127 - Tipologia de suportes do Projeto <i>Making Art Concrete. Works from Argentina e Brasil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros</i> .....	159
Figura 128 - Relação quantitativa dos suportes rígido e tela no estudo de Maria Alice C. Branco .....	161
Figura 129 - Tipologia de suportes rígidos identificadas no estudo de Maria Alice C. Branco .....	162
Figura 130 - Frente e Verso da obra Plano em Superfície Modulada N.8. ....	162

Figura 131 - <i>Full</i> , 2010 (da série Esculturas Gráficas) .....	163
Figura 132 - Obra: Noite de Esperança, 2006.....	164
Figura 133 - Obra: Sem título, 2012.....	165
Figura 134 - Obra: Sem título, 2011.....	165
Figura 135 - Obra: Espectro, 2006.....	166
Figura 136 - Manchas generalizadas na obra .....	167
Figura 137 - Perdas de policromia .....	168
Figura 138 - Deformações suporte.....	168
Figura 139 - Vista frontal dos painéis da Igreja Nossa Senhora Auxiliadora .....	169
Figura 140 - Danos: manchas, desprendimentos, abaulamentos do suporte .....	169
Figura 141 - Abaulamentos nas bordas dos painéis.....	169
Figura 142 - Danos: manchas, deformações .....	170
Figura 143 - Obra: Frevo .....	179
Figura 144 - Painel Frevo de Candido Portinari .....	179
Figura 145 - Entrada do edifício.....	180
Figura 146 - Lateral do painel .....	181
Figura 147 - Detalhe afastamento da parede.....	181
Figura 148- Painel Frevo: Abaulamento/movimentações das bordas.....	182
Figura 149 - Painel frevo: deteriorações provenientes do suporte .....	182
Figura 150 - Detalhe da camada pictórica.....	183
Figura 151 - Danos na camada pictórica.....	183
Figura 152 - OKAPLAN.....	185
Figura 153 - Reitoria UFMG.....	185
Figura 154 - Painel Inconfidência Mineira .....	186
Figura 155 - Planta Reitoria .....	187
Figura 156 - Ambientes atrás da parede do painel.....	187
Figura 157 - Perda de suporte e camada pictórica.....	188
Figura 158 - Deformações nas bordas.....	188
Figura 159 - Marcas de parafusos de fixação e relevos nos painéis .....	189
Figura 160 - Sujidades diversas.....	189
Figura 161 - Croqui apresentando sistema de estruturação de painéis.....	191
Figura 162 - Encaixe tradicional para madeira “Mão de amigo” .....	192
Figura 163 - Encaixe Mão amiga para fixação removível de painéis.....	193
Figura 164 - Fixador para painéis grandes - Linha Stratlock   Fastmount.....	194
Figura 165 - Suporte mão amiga em metal .....	194
Figura 166 - Propaganda Duratex (1956).....	223

Figura 167 - Propaganda Eucatex (1955).....	223
Figura 168 - Fábrica Duratex em Agudos (SP). .....	225
Figura 169 - Espaço Arvorar.....	228
Figura 170 - Painel introdutório: Espaço arvorar .....	229
Figura 171 - Maquete viveiro de mudas.....	229
Figura 172 - Operação de Campo.....	230
Figura 173 - Controle pragas .....	231
Figura 174 - Derrubada de árvores.....	231
Figura 175 - Plantio. Operador Florestal. ....	232
Figura 176 - Etapa de processamento .....	232
Figura 177 - Esquema de fabricação do MDF Duratex .....	233
Figura 178 - Amostras de cavacos e fibras .....	233
Figura 179 - Resfriador giratório .....	234
Figura 180 - Painel MDF cru.....	235
Figura 181 - Padrões MaDeFibra BP .....	236
Figura 182 - Fotos históricas da Eucatex. ....	239
Figura 183 - Planta adquirida em Botucatu.....	241
Figura 184 - Esquema Produção Chapa Dura .....	242
Figura 185 - Amostras de cavacos de eucalipto e polpa .....	243
Figura 186 - Painel Eucadur .....	243
Figura 187 - Eucadur Perfurador .....	244
Figura 188 - Padrões acabamentos Eucaplac.....	244
Figura 189 - Representação de Coníferas e Dicotiledôneas .....	247
Figura 190 - Estrutura macroscópica e microscópica da madeira .....	248
Figura 191 - Seção transversal de um tronco .....	250
Figura 192 - Anéis de crescimento.....	251
Figura 193 - Três eixos principais da madeira.....	252
Figura 194 - Imagem esquemática da anatomia de uma Conífera .....	253
Figura 195 - Imagem esquemática da anatomia de uma Folhosa.....	254
Figura 196 - Desenho esquemático da estrutura celular de uma conífera.....	256
Figura 197 - Aparelhos portáteis medidores de umidade .....	261
Figura 198 - Deformações devido à direção dos anéis de crescimento e defeitos de secagem .....	263
Figura 199 - Curva de dilatação volumétrica e nas seções axial, radial e tangencial. Diferença entre uma <i>Hardwood</i> e <i>Softwood</i> .....	264
Figura 200 - Densidade de diferentes espécies de <i>Hardwood</i> e <i>Softwoods</i> .....	265



Figura 201 - Carbonização de uma peça de madeira.....	267
Figura 202 - Alterações da madeira seca em função do aumento de temperatura.....	268
Figura 203 - Compressão da madeira.....	271
Figura 204 - Desenho esquemático tração paralela e normal .....	272
Figura 205 - Gráfico esquemático da resistência à tração e compressão paralela às fibras .....	272
Figura 206 - Tipos de cisalhamentos na madeira.....	273
Figura 207 - Flexão na madeira .....	274
Figura 208 - Principais defeitos naturais .....	275
Figura 209 - Danos devido à infestação de cupins.....	275
Figura 210 - Madeira <i>Eucalyptus sp.</i> atacada por fungos de podridão mole .....	276
Figura 211 - Bolor em madeira de Cajueiro recém cortada .....	276
Figura 212 - Deformação devido ao uso .....	276
Figura 213 - Imagem microscópica apresentando delaminação nas camadas S1 e S2 , lenho tardio. ....	277
Figura 214 - Estabilidade dimensional da madeira e painéis industrializados. Alteração dimensional em variação de UR de 30% a 90%.....	280
Figura 215 - Relação Madeira x PIDM - homogeneidade, demanda energética, propriedades mecânicas, custos de produção .....	281
Figura 216 - Classificação dos PIDM conforme material, densidade e processo de fabricação .....	282
Figura 217 - Relação entre o nível de carga e o tempo de deformação entre a madeira sólida e painéis de partículas, chapa dura e compensado.....	283
Figura 218 - Principais resinas empregadas nos PIDM.....	286
Figura 219 - Representação esquemática da produção da resina ureia-formaldeído.....	288
Figura 220 - MDF anti-COVID Guararapes .....	291

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronologia da produção de madeira compensada no Brasil .....	48
Quadro 2 - Processo de laminação.....	52
Quadro 3 - Etapas do processo produção de compensado laminado .....	53
Quadro 4 - Teor de Umidade Compensado e Madeira.....	57
Quadro 5 - Histórico produção chapas de aglomerado .....	60
Quadro 6 - Classificação Painéis MDP .....	63
Quadro 7 - Propriedades físico mecânicas e higroscópicas - Aglomerado Madeplan Duratex .....	65
Quadro 8 - Densidade dos painéis de fibra .....	66
Quadro 9 - Desenvolvimento da indústria de painéis de fibra .....	67
Quadro 10 - Patentes Masonite .....	79
Quadro 11 - Principais eventos da empresa Celotex .....	81
Quadro 12 - Classificação painéis de MDF segundo a densidade .....	85
Quadro 14 - Identificação dos danos na obra Sem Título (1971) de José Bizarro.....	151
Quadro 15 - Relação dos autorretratos de Frida Kahlo apresentados nas Figura 122 .....	158
Quadro 16 - Relação das obras, artistas e suportes empregados relacionados na publicação <i>Making Art Concrete. Works from Argentina e Brasil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros</i> .....	160
Quadro 17 - Obras citadas no capítulo 3.....	171
Quadro 18 - Relação deterioração X PIDM X Causas prováveis .....	172
Quadro 19 - Painéis de Yara Tupynambá tombados pelo CDPCM-BH.....	184
Quadro 20 - Organização/cronograma.....	224
Quadro 21 - Programação visita à Duratex .....	224
Quadro 22 - Percurso histórico Duratex Divisão Madeira.....	226
Quadro 23 - Dimensões Painéis MaDeFibra.....	236
Quadro 24 - Tolerância Dimensional Painéis MaDeFibra.....	237
Quadro 25 - Histórico Eucatex Madeira .....	240
Quadro 26 - Percentagem Elemento Químico X Madeira Seca .....	255
Quadro 27 - Composição Média de Madeiras de Coníferas e Folhosas.....	258
Quadro 28 - Valores médios e Retratibilidade Volumétrica e Linear .....	262
Quadro 29 - Módulos de elasticidade da madeira .....	270
Quadro 30 - Fatores que alteram as propriedades da madeira. ....	278
Quadro 31 - Tipos de adesivos X tipos de painéis .....	288

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCA - Associação Brasileira de Críticos de Arte  
ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas  
ABIMCI - Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente  
AHA - *American Hardboard Association*  
AIC - *American Institute for Conservation*  
ANSI - *American National Standards Institute*  
BEMGE - Banco do Estado de Minas Gerais  
CB - Comitê Brasileiro  
CCBB - Centro Cultural Banco do Brasil  
CCI - *Canadian Conservation Institute*  
CECOR - Centro de Conservação e Restauração da UFMG  
CEN - *European Committee for Standardization*  
CDPCM-BH - Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural de Belo Horizonte  
CGI - *Getty Conservation Institute*  
COV - Compostos Orgânicos Voláteis  
FAE-UFMG - Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais  
FSC - Forest Stewardship Council  
HDF - *High Density Fiberboard* – Painel de fibra de alta densidade  
IBA - Indústria Brasileira de Árvores  
IEPHA-MG - Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais  
ILAB - Laboratório de Documentação Científica por Imagem  
INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial  
LACICOR - Laboratório de Ciência da Conservação  
LTP - Laboratório de Pesquisa Tecnológica em Materiais de Construção  
MAP - Museu de Arte da Pampulha  
MDF - *Medium Density Fiberboard* - Painel de Fibra de Média Densidade  
MDP - *Medium Density Particleboard* - Painel de Partículas de Média Densidade  
OSB - *Oriented Strandboard* - Painéis de tiras de madeira orientadas  
PIDM - Painéis Industrializados Derivados da Madeira  
PPG-ACPS - Programa de Pós Graduação e Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável  
PVA - Acetato de Polivinila  
SID - Descolorações Induzidas devido ao Suporte  
T - Temperatura  
UFMG. - Universidade Federal de Minas Gerais  
UR - Umidade Relativa  
WBP - *Wood-based panels*

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>CAPÍTULO 1 DA MADEIRA AOS PAINÉIS INDUSTRIALIZADOS .....</b>	<b>32</b>
1.1 A madeira como matéria-prima.....	32
1.2 Painéis industrializados derivados da madeira.....	37
<b>CAPÍTULO 2 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA, PARTÍCULAS E FIBRAS.....</b>	<b>43</b>
<b>2.1 Painéis de madeira compensada.....</b>	<b>43</b>
2.1.1 Classificação dos painéis de madeira compensada .....	49
2.1.2 Compensado laminado .....	50
2.1.3 Compensado sarrafeado.....	53
2.1.4 Fatores que interferem na qualidade dos painéis de compensado.....	55
<b>2.2 Painéis de partículas.....</b>	<b>58</b>
2.2.1 Painéis de aglomerado e MDP .....	59
2.2.2 Classificação dos Painéis de MDP.....	63
2.2.3 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de partículas.....	63
<b>2.3 Painéis de Fibras .....</b>	<b>65</b>
2.3.1 Painéis de Chapa Dura.....	70
2.3.2 Masonite: marco inicial da produção industrial dos <i>hardboards</i> .....	76
2.3.3 Celotex .....	80
2.3.4 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de chapa dura.....	82
<b>2.4 Painéis de MDF .....</b>	<b>82</b>
2.4.1 Classificação dos painéis de MDF .....	85
2.4.2 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de MDF.....	86
<b>2.5 Painéis industrializados derivados da madeira especiais para pintura .....</b>	<b>89</b>

<b>CAPÍTULO 3 A MADEIRA E SEUS DERIVADOS INDUSTRIALIZADOS COMO SUPORTE PICTÓRICO: INVESTIGAÇÕES NO ÂMBITO DA CONSERVAÇÃO DE BENS CULTURAIS.....</b>	<b>96</b>
<b>3.1 A Madeira como suporte pictórico .....</b>	<b>99</b>
<b>3.2 A madeira compensada na arte .....</b>	<b>112</b>
<b>3.3 Painéis de compensado como suporte pictórico.....</b>	<b>118</b>
<b>3.4 - Os painéis de aglomerado na arte.....</b>	<b>137</b>
<b>3.5 Painéis de chapa dura na arte.....</b>	<b>144</b>
<b>3.6 Os painéis de MDF na arte.....</b>	<b>163</b>
<b>3.7 Cronograma das obras descritas neste capítulo e relação das principais deteriorações em obras pictóricas com suportes em PIDM.....</b>	<b>170</b>
<b>CAPÍTULO 4 PAINÉIS DE GRANDES DIMENSÕES EM BELO HORIZONTE: ESTUDO DE CASO DE OBRA DE PORTINARI E YARA TUPINAMBÁ EM PIDM .....</b>	<b>174</b>
<b>4.1 Os painéis de grandes dimensões e a arquitetura: expressões em Belo Horizonte .....</b>	<b>175</b>
<b>4.2 Estudo de caso 1: A obra Frevo de Portinari.....</b>	<b>177</b>
<b>4.3 Estudo de caso 2: Painel Inconfidência Mineira, artista Yara Tupynambá</b>	<b>184</b>
<b>4.4 Reflexões sobre fixação de painéis de grandes dimensões em paredes ..</b>	<b>190</b>
<b>CONSIDERAÇÕES.....</b>	<b>196</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>202</b>
<b>APÊNDICE A ENTREVISTA COM A ARTISTA YARA TUPYNAMBÁ .....</b>	<b>219</b>
<b>APÊNDICE B RELATÓRIO VISITAS TÉCNICAS .....</b>	<b>223</b>
<b>B.1 Visita à Duratex .....</b>	<b>224</b>
B.1.1 Breve histórico da Duratex .....	225
B.1.2 Espaço Arvorar.....	227
B.1.3 Operações de campo .....	229
B.1.4 Visita ao setor industrial Duratex .....	232
B.1.5 Especificações técnicas.....	235
B.1.6 - Recomendações .....	237

<b>B. 2 Visita à Eucatex .....</b>	<b>238</b>
B.2.1 Breve Histórico da empresa .....	238
B.2.2 - A Fábrica e a produção de chapas duras .....	241
<b>B. 3 Considerações acerca das visitas .....</b>	<b>245</b>
<b>APÊNDICE C CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA .....</b>	<b>246</b>
<b>C. 1 Classificação botânica .....</b>	<b>246</b>
<b>B. 2 Estruturas do tronco .....</b>	<b>247</b>
<b>C.3 Composição química.....</b>	<b>254</b>
<b>C.4 Principais características físicas .....</b>	<b>258</b>
C.4.1 Umidade.....	258
C.4.2 Retratabilidade .....	261
C.4.3 Densidade.....	264
C.4.4 Resistência ao fogo.....	266
<b>C.5 Principais características mecânicas .....</b>	<b>268</b>
C.5.1 Elasticidade.....	269
C.5.2 Propriedades de resistência .....	270
<b>C.6 Fatores que afetam as propriedades físico-mecânicas da madeira.....</b>	<b>274</b>
<b>APÊNDICE D CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS PIDM.....</b>	<b>279</b>
<b>D.1 Adesivos e aditivos empregados na fabricação dos PIDM.....</b>	<b>284</b>
<b>D.2 Normalização e Certificação dos Produtos .....</b>	<b>291</b>
<b>Anexo 1.....</b>	<b>293</b>

## INTRODUÇÃO

O interesse pela conservação de obras executadas em painéis derivados da madeira vem das minhas experiências acadêmicas e profissionais. A primeira graduação em Design de Interiores despertou o interesse pelo desenho e execução de mobiliário, ofício que desempenhei desde os anos 90. Trouxe aproximação e encantamento pela madeira e técnicas tradicionais de marcenaria, bem como o contato com a renovação tecnológica dos painéis compósitos. A segunda formação foi iniciada em 2008, no primeiro curso de graduação em Conservação e Restauração de Bens Culturais Móveis, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e estimulou novos horizontes. O olhar direcionou-se para Conservação Preventiva, pela investigação dos fatores ambientais com vistas à preservação de objetos. O tema do trabalho de conclusão do curso, orientado pela professora Dra. Yacy Ara Froner, analisou as estruturas expositivas do Museu Arqueológico da região de Lagoa Santa. Tradição, Modernidade e Ciência se cruzaram inspirando pesquisas neste campo. Em 2016, sob a orientação da professora Dra. Eleonora Sad de Assis, foi finalizada a dissertação de mestrado intitulada Análise Ambiental como ferramenta para conservação de acervos, no Programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável (PPG-ACPS), Escola de Arquitetura, UFMG.

Este percurso motivou o tema da presente tese de doutorado: investigar o emprego dos compósitos de madeira como suporte pictórico em obras bidimensionais, tais como quadros, painéis parietais, de dimensões variadas, pintadas diretamente sobre os painéis, e as possíveis relações destes suportes com o estado de conservação das obras.

O desenvolvimento desta pesquisa sob a égide do PPG-ACPS foi extremamente profícuo. O caráter interdisciplinar do programa e a oportunidade ímpar do aporte do Laboratório de Pesquisa Tecnológica em Materiais de Construção (LTP), do Laboratório de Ciência da Conservação (LACICOR), com a orientação e a coorientação dos respectivos responsáveis, Professor Edgar Vladimir Mantilla Carrasco e Professor Luiz Antônio Cruz Souza, representam aplicar diretamente na pesquisa os conceitos da História da Arte Técnica, campo resultante da interação

entre especialistas de áreas de saber distintas, tais como a Conservação, História da Arte, Química, Física, visando analisar o material físico da obra de arte, como são preparados, manipulados e aplicados (AINSWORTH, 2005; ROSADO, 2011).

O conhecimento dos materiais que compõem uma obra de arte é tópico basilar para a Conservação e Restauração de Bens Culturais e está interligado com análises sobre as técnicas dos artistas. Os materiais modernos advindos do desenvolvimento industrial e aplicados à arte trouxeram complexidade a este conteúdo, demandando estudos interdisciplinares.

Importante ressaltar que os exames e os tratamentos em um bem cultural estão vinculados, de forma integrada, às questões tangíveis e intangíveis contidas no objeto. No percurso atual do campo disciplinar Conservação e Restauração o reconhecimento do material, dos significados e dos valores contidos nos objetos são indispensáveis para o desenvolvimento de metodologia de intervenção, acompanhando também o processo dinâmico das renovações dos processos artísticos.

Froner (2007) distingue três paradigmas contemporâneos para a preservação de bens culturais: a transformação e resignificação social do objeto cultural, a modificação dos modelos institucionais e as práticas de conservação preventiva como base normativa. Pode-se acrescentar à lista acima as investigações sobre os novos materiais e técnicas empregados na arte.

Artistas modernos e contemporâneos se apropriaram de materiais lançados no mercado pela revolução industrial, tais como resinas sintéticas, metais, painéis industrializados de madeira, acrílicos, vidros, entre outros. Horkheimer (2002) reflete que a industrialização e a modernidade provocaram intensas mudanças na natureza humana, principalmente em relação à técnica e racionalização. Argumenta que os avanços tecnológicos tendem a restringir a liberdade humana, pois acabam comprometendo a autonomia do indivíduo. Contudo, no campo artístico os materiais industrializados conjugaram com as novas perspectivas de expressão, baseadas em liberdade e experimentações (AMARAL, 1977).

É perceptível, no âmbito das investigações acerca dos materiais empregados como suportes pictóricos, a lacuna existente a respeito dos painéis industrializados



derivados da madeira. Estes compósitos nas diversas tipologias e características são produzidos, prioritariamente, visando atender o mercado da indústria do mobiliário, construção civil e arquitetura. As propagandas da época exaltavam a qualidade, praticidade e baixo custo destes novos materiais, e, provavelmente, atraíram a atenção dos artistas para a utilização como suporte em obras de grande e pequeno porte (FIG. 1 e FIG. 2).

Figura 1 - Propaganda Painéis Eucatex

**SÓ UM FÔRRO DE EUCATEX PASSA POR ÊSTE TESTE!**

Um fôrro só é perfeito quando preenche estas 5 condições:

- BAIXO CUSTO
- BELEZA
- DURABILIDADE
- CONFÔRTO TÉRMICO E ACÚSTICO
- FACILIDADE DE APLICAÇÃO

☒ **EUCATEX CUSTA POUCO**  
Nen. há fôrro mais barato do que Eucatex. Instalado 12 mos. Dispõe-se tal, areia, flâmula e mão-de-obra dispensada... e ainda permite economizar tempo na construção.

☒ **EUCATEX EMBELEZA**  
Alinhando qualquer pintura, mesmo a mais simples, calção, e permitindo instalar desenhos "bonitos" demonstram o fôrro de Eucatex. Instalado 12 mos. e de beleza inigualável. Um modelo de 12x12 em Eucatex instalado 12 mos. harmoniza.

☒ **EUCATEX DURA MUITO**  
Um bom fôrro não trêva, não rachar e resiste à umidade... emponta-se como um fôrro de Eucatex. Instalado 12 mos. que se conserva intacto através dos anos.

☒ **EUCATEX ISOLA**  
Um fôrro de Eucatex instalado 12 mos. isola o fôrro e o calor que penetram na casa pelo telhado... mantém-se mais... proporciona conforto térmico e acústico ao ambiente!

☒ **EUCATEX É FÁCIL DE APLICAR**  
Com martelo, pregos e ferragem de madeira, se constrói qualquer fôrro de Eucatex. Instalado 12 mos. Para facilitar a aplicação os fôrros vêm nas medidas de 60 x 60 cm, 54 x 1,27 m e 5,90 x 1,22 m.

**EUCATEX**  
A INVENÇÃO A SERVIÇO

S. PAULO: Av. Francisco Matarazzo, 530 - Tel.: 51.9708  
S. DE JERÔNIMO: Av. Frei Vitorino, 425 - v.902 - Tel.: 43.2754  
PONTA ALENA: Rua Santa Amélia, 192 - Tel.: 3030  
S. MIGUEL: R. João de Barros, 180 - v. 7050 - Tel.: 4.1630  
Revendedores em todo o Brasil

Fonte: Revista O Cruzeiro. Ano 1950. Edição 0007<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Disponível em: <http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=003581&pagfis=121627>. Acesso em: 02 de mar. 2019.

Figura 2 - Propaganda Painéis Duratex

O maior acontecimento na história da industrialização da madeira

# DURATEX

**É 200% MAIS RESISTENTE**  
que a madeira comum



Legítima conquista do progresso humano, DURATEX é hoje utilizado nos maiores centros industriais do mundo. Feito de fibra de madeira prensada, sua resistência mecânica é 2 a 3 vezes maior que a da madeira comum. Isento de veios, nós, rachaduras e imperfeições, é inatacável por insetos. Não racha, não empena e é mais fácil de serrar, curvar, pregar e colar. Apresentado em 5 cores, confere excepcional beleza e durabilidade — com até 40% de economia. Peça-nos o folheto DURATEX.

Quem faz para durar faz com

**DURATEX**  
S. A. — INDÚSTRIA E COMÉRCIO  
Vinte e Nove, Rua Uruguai, 282 - 21 - 22000 - São Paulo  
Tel. 27.7381 - Caixa Postal 7011 - São Paulo - SP

GRÁTIS para profissionais e industriais, escreva para DURATEX, Pósteres para Caixa Postal 7011 - São Paulo

MÓVELS, DIVISÓIS, PORTAS, EMBALAGENS, CONSTRUÇÕES

Fonte: Revista O Cruzeiro. Ano 1956. Edição 0022<sup>2</sup>

Com este cenário delineado define-se o objetivo geral desta pesquisa: estudar obras pictóricas executadas diretamente sobre os painéis de fibras, partículas e compensado, para identificar as possíveis inferências do suporte no estado de conservação. Para alcançar o objetivo principal os seguintes objetivos específicos são necessários:

1. Caracterizar a tipologia dos painéis industrializados derivados da madeira mais utilizados como suporte pictórico, investigando a produção e suas características físicas e vulnerabilidades. Especificamente, os painéis de madeira compensada: compensado sarrafeado e laminado; os painéis de partículas: o aglomerado e os

<sup>2</sup>Disponível em: <http://memoria.bn.br/docreader/DocReader.aspx?bib=003581&Pesq=eucatex&pagfis=103769>. Acesso em 03 mar 2019.

painéis de partículas de média densidade (MDP); e os painéis de fibras: a chapa dura e os painéis de fibra de média densidade (MDF).

2. Buscar na história da arte obras de referência executadas diretamente sobre madeiras e painéis compósitos.
3. Investigar publicações acerca de deteriorações e restaurações em obras pictóricas executadas sobre compósitos de madeira, a fim de relacionar danos provenientes do suporte.
4. Analisar *in loco* obras executadas sobre painéis industrializados de madeira para estudo de caso.

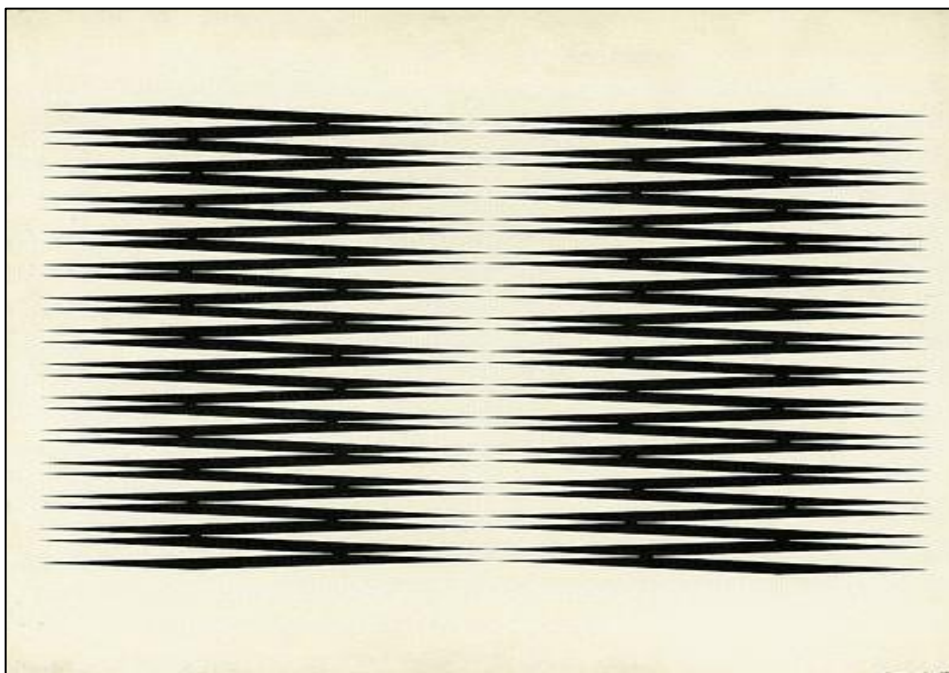
Para o desenvolvimento da pesquisa foram traçadas as seguintes diretrizes metodológicas:

1. Pesquisa exploratória a partir de bibliografia nacional e internacional, iniciando pela madeira, matéria prima básica empregada na produção dos painéis compósitos. Levantamento de artigos científicos desenvolvidos na área de engenharia e arquitetura, visando ampliar a percepção das características e possibilidades de utilização da madeira e seus derivados industriais. Paralelamente, investigações acerca dos painéis industrializados encontrados em obras modernas e contemporâneas. Busca de informações em sites específicos de instituições de conservação de bens culturais, a destacar: *Getty Conservation Institute (GCI)*, *Canadian Conservation Institute (CCI)*, *American Institute for Conservation (AIC)*. Podemos afirmar que a *webliografia* foi extensa e intensa nos dois anos de isolamento social imposto pela pandemia.
2. Seleção de obras para estudo de caso. Foram eleitas em Belo Horizonte duas obras de grandes dimensões a saber:
  - Painel Frevo, do artista Candido Portinari (1903-1962), localizado no hall principal da Galeria do Pampulha late Clube, situado à Rua Cláudio Manoel, 1185. Obra executada em compensado.
  - Painel Inconfidência Mineira, da artista Yara Tupynambá (1932), localizado no hall da Reitoria da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Obra executada em aglomerado.

3. Entrevista com a artista mineira Yara Tupynambá (APÊNDICE A).
4. Visitas técnicas realizadas em duas indústrias de painéis: Duratex S.A. e Eucatex S.A., no estado de São Paulo. A proposta da visita relaciona-se com o objetivo de expandir os conhecimentos acerca da produção dos painéis. As visitas foram realizadas no período de 11 de março de 2020 a 14 de março de 2020. O relatório técnico realizado após as visitas está inserido no APÊNDICE B.

Este projeto, ao investigar as propriedades dos painéis pode contribuir com especificações mais adequadas na escolha de materiais empregados pelos artistas, bem como nortear trabalhos de conservação e acondicionamento de obras. Outro contributo refere-se à orientação sobre o registro correto do material das obras. Muitos inventários ao nomear materiais e técnicas identificam o fabricante, não o material, a exemplo da obra Alternado I, de Hermelindo Fiaminghi (1920-2004), pertencente ao acervo da Pinacoteca do Estado de São Paulo (FIG. 3), executada em painel chapa dura, referenciada como “Esmalte sobre Eucatex”.

Figura 3 - Alternado I, 1956, Hermelindo Fiaminghi. **Esmalte sobre Eucatex**<sup>3</sup>



Fonte: Enciclopédia Itaú Cultural, 2021.<sup>4</sup>

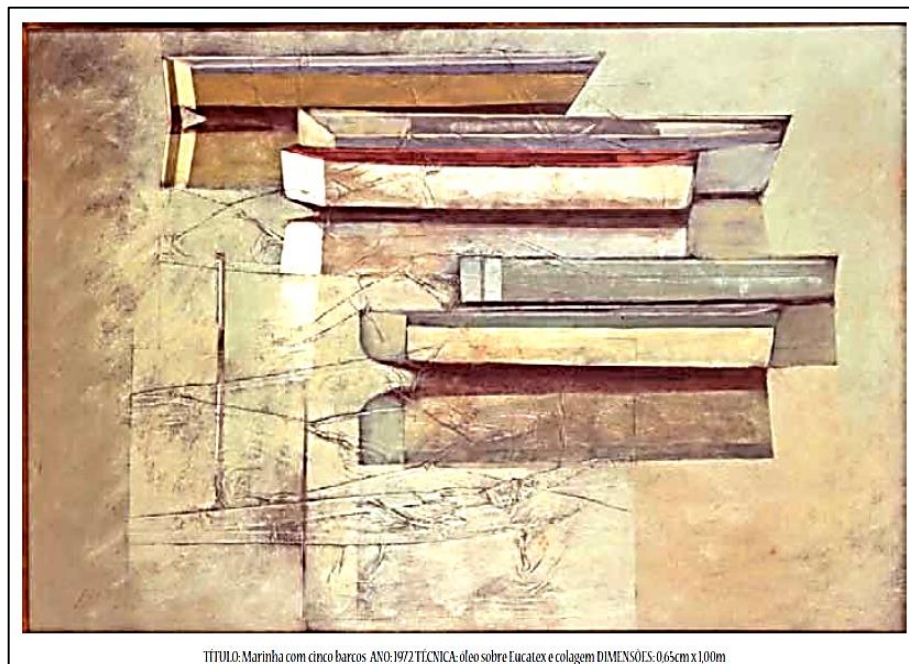
A obra de Carlos Scliar (1920-2001) do acervo do Senado Federal, é descrita no catálogo da instituição como óleo sobre Eucatex (FIG. 4). O ideal seria “óleo sobre painel chapa dura”. O nome do fabricante deveria ser inserido somente complementando o registro, e, se houvesse essa comprovação. Além da Eucatex, a Duratex também produzia o material. Obter informações sobre o fabricante é importante, visto que os materiais empregados na produção, como a espécie de madeira e aditivos, podem ser distintos em cada empresa.

---

<sup>3</sup> Referência conforme descrito no site do Itaú Cultural.

<sup>4</sup> ALTERNADO I. In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileira. São Paulo: Itaú Cultural, 2021. A referência **Esmalte sobre Eucatex** (grifo nosso) é a descrição apresentada da obra. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra32804/alternado-i>. Acesso em: 24 de maio de 2021. Verbete da Enciclopédia.

Figura 4 - Obra de autoria de Carlos Scliar, acervo do Senado Federal



Fonte: Obras de Arte do Senado Federal. Catálogo do acervo, 2019<sup>5</sup>.

O Inventário do Museu de Arte da Pampulha (MAP) relaciona 1.333 peças, entre pinturas, esculturas, gravuras, desenhos, instalações, fotografias e vídeos. Pesquisando sobre o material das obras encontramos 94 referências a “Eucatex”, 13 referências a “Duratex”, como indica a imagem das 2 obras (FIG. 5) de Inácio Rodrigues de Oliveira (1946-), 24 referências a compensado, 3 a aglomerado e 4 a MDF (MAP, 2010).

---

<sup>5</sup>Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/catalogos/catalogo-das-obras-de-arte-do-senado-federal>. Acesso em: 02 mar. 2019.

Figura 5 - Obras em “Duratex”



Fonte: MAP, 2010.

De acordo com o plano de trabalho elaborado para esta pesquisa o conteúdo será apresentado conforme os seguintes capítulos:

**Capítulo 1: Da madeira aos painéis industrializados** – apresenta a importância da madeira como matéria prima, suas principais características e vulnerabilidades. Introduz o processo de fabricação de painéis derivados de madeira. O conhecimento da matéria prima básica empregada na produção dos painéis fornece subsídios para investigar os compósitos de madeira.

**Capítulo 2: Os painéis de Compensado, Partículas e Fibras** – caracteriza o histórico, a produção industrial e as principais propriedades dos painéis de compensado, partículas (aglomerado e MDP) e fibras (chapa dura e MDF), tipologias selecionadas para estudo nesta tese.

**Capítulo 3: A madeira e seus derivados industrializados como suporte pictórico: investigações no âmbito da conservação de bens culturais** – investiga a inserção destes materiais na arte, associando questões da preservação de obras pictóricas.

**Capítulo 4: Painéis de grandes dimensões em Belo Horizonte: estudo de caso de obra de Portinari e Yara Tupinambá em PIDM** – apresenta dois estudos de caso de pinturas de grandes dimensões expostas em Belo Horizonte, executadas com painéis compósitos de madeira. O foco deste capítulo é a identificação de deteriorações na camada pictórica proveniente do suporte, a partir de análises organolépticas realizadas nos locais de exposição das obras.

**Considerações** – contextualiza os conteúdos teóricos levantados com as questões de conservação de obras sobre painéis industrializados de madeira. Aponta as dificuldades encontradas e perspectivas de novas investigações.

Esta pesquisa está inserida no Projeto de Pesquisa "Sustentabilidade, Preservação de Acervos e Gerenciamento Ambiental em Museus", coordenado pelo Professor Luiz Antônio Cruz.



## CAPÍTULO 1 DA MADEIRA AOS PAINÉIS INDUSTRIALIZADOS

Faze para ti uma arca de madeira resinosa divide-a em compartimento e a untará com betume por dentro e por fora (BÍBLIA, Gênesis, 6.14).

Investigar como se iniciou o processo de aglutinar partes de madeira com outros materiais e substâncias ligantes, até chegar ao processo atual de fabricação de chapas industrializadas, perpassa pela investigação acerca das características da madeira e seu uso ao longo da história humana. Na citação bíblica acima temos orientações sobre a madeira adequada para a construção da Arca de Noé, a resinosa<sup>6</sup>, bem como indicação de betume<sup>7</sup> como preservante. O uso da madeira como matéria prima demanda conhecimentos a respeito das características das espécies e dos métodos de preservação. Empregar de forma adequada e estabelecer condições ambientais apropriadas para a manutenção da integridade física dos objetos em madeira é um desafio histórico. Esta proposição também é válida para os modernos derivados industrializados de madeira.

### 1.1 A madeira como matéria-prima

O valor das florestas e os diversos usos da madeira foram sendo ampliados, paralelamente, ao crescimento e desenvolvimento das civilizações. Ferramentas, maquinários agrícolas, abrigos, casas, pontes e barcos são exemplos de uma extensa

---

<sup>6</sup> Arvore resinosa é, possivelmente, referência ao cipreste, espécie abundante naquela região muito empregada pelos fenícios e por Alexandre Magno para construção de navios. Madeira com boas propriedades para a construção e resistência à água. Ainda empregada nos dias atuais para construção de embarcações. Existem relatos de postes e portas executados em cipreste que duraram cerca de 1.100 anos. Fonte: Biblioteca *online* da Torre de Vigia. Disponível em <wol.jw.org/pt/wol/d/r5/lp-t/1200000367>. Acesso em 18 de julho de 2019.

<sup>7</sup> O betume é uma substância derivada do petróleo e utilizada desde a antiguidade como proteção para a madeira em contato com a umidade. Muito empregada nas calefações das antigas embarcações. Atualmente, existem tintas betuminosas para preservação de madeiras, bloqueando inclusive contaminação por fungos e bactérias (GONZAGA, 2006).

lista de produtos fabricados utilizando a madeira como matéria prima. Inclui-se ainda, o aproveitamento dos recursos florestais para a alimentação. De acordo com Haynes *et al.* (2003) a madeira foi um dos materiais mais importantes para a economia das primeiras comunidades mantendo ainda, na atualidade, grande importância como recurso natural renovável, empregado na fabricação de diversos produtos.

Janson (2001) explica que no Período Paleolítico o homem começou a trabalhar os artefatos de madeira de forma artesanal, associando forma à função.

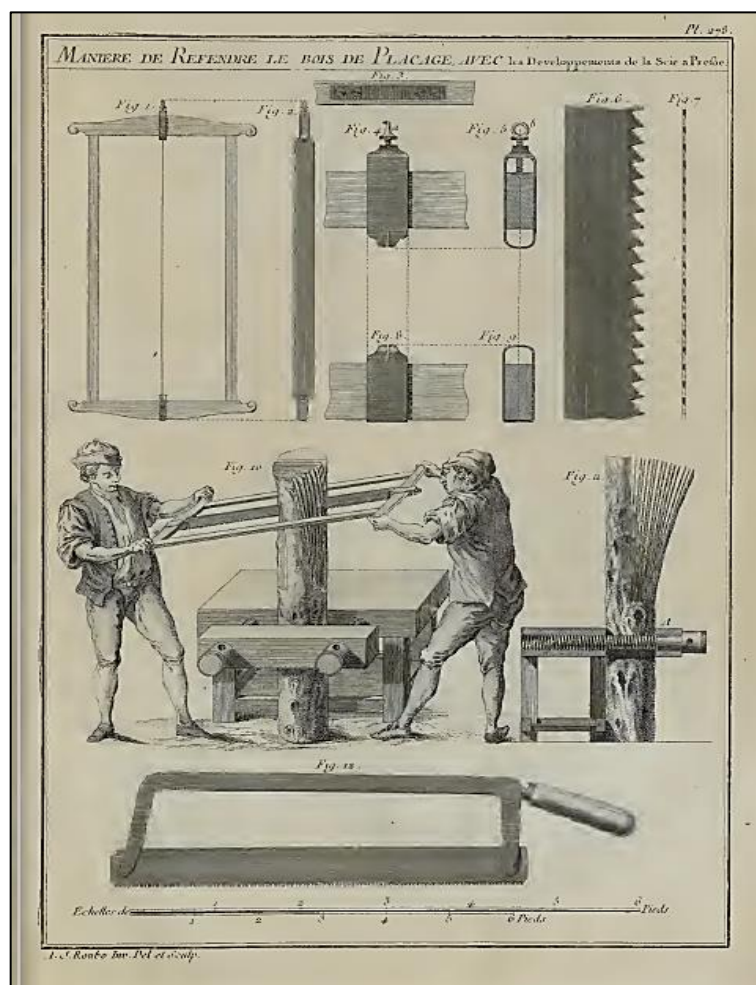
Sabemos que nossos antepassados mais remotos começaram a servir-se dos pés para andar a mais de quatro milhões de anos, mas não sabemos como se serviam das mãos. Mais de dois milhões de anos depois, encontramos os primeiros vestígios de utensílios feitos pelos homens [...] fazer utensílios, porém, é um ato complexo. Exige capacidade prévia de pensar [...] logo que o homem foi capaz de fazer isso, começou a descobrir que certos galhos e pedras tinham uma configuração mais adequada que outros e os pôs de parte para uso futuro. Escolheu-os e considerou-os como utensílios porque já tinha começado a associar forma à função. É evidente que a madeira não resistiu ao tempo, mas ficaram algumas pedras [...] o grande passo imediato deu-se quando se começou a aparar, desbastar ou talhar esses instrumentos naturais para lhes dar formas mais adequadas à utilização requerida. É o primeiro trabalho artesanal de que há testemunho e com ele entramos na fase do desenvolvimento humano conhecido por Paleolítico (JANSON, 2001, p. 39).

O aperfeiçoamento de técnicas aplicadas aos trabalhos de madeira, as ferramentas e maquinários necessários, a transmissão de saberes através de trocas de experiências, a disponibilidade próxima ou a facilidade de importação, caracterizou trabalhos distintos nas diversas civilizações. O fato é que, seja em estruturas arquitetônicas, objetos utilitários ou artísticos, a madeira destaca-se como matéria prima, amplamente utilizada em todas as culturas e em todos os períodos históricos.

No início o domínio da madeira pelo homem foi se dando de forma gradual, o mesmo acontecendo com relação ao sistema de produção de objetos feitos a partir desta matéria-prima, da utilidade em seu cotidiano, em suas trocas culturais e entre as chamadas de cultura e povos, além de suas relações com a natureza. Por exemplo, a manufatura de potes, urnas mortuárias e instrumentos rudimentares para tecer, caçar, pescar e comer, concentrando-se, assim, em objetos. Isso tudo mostra o quanto o homem, um ser que facilmente seria vencido pelos elementos da natureza, pode produzir uma infinidade de artefatos que lhe possibilitou dominar e transformar o meio natural (CARVALHO, 2008, p. 76).

A transformação das antigas carpintarias e suas ferramentas (FIG.6) nas atuais indústrias de painéis compósitos (FIG. 7) decorre do desenvolvimento da tecnologia e da ciência da madeira. Este percurso foi influenciado pelos investimentos no setor silvicultural visando, principalmente, a produção em larga escala com melhoria da qualidade dos produtos derivados da madeira, além do interesse em seu uso de forma sustentável. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2018) as florestas plantadas representam 7% da área florestal mundial, e contribuem com 50% de matéria-prima para o setor industrial. No Brasil temos cerca de 6,8 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente, das espécies Eucalipto e Pinus. Este índice representa 1,16% da área do país e 1,97% do total das florestas do território brasileiro (MAPA, 2019).

Figura 6 - Antiga tecnologia de corte de madeira em lâminas.



Fonte: Roubo, 1769.

Figura 7 - Processo industrial de laminação para produção de chapas de compensado.

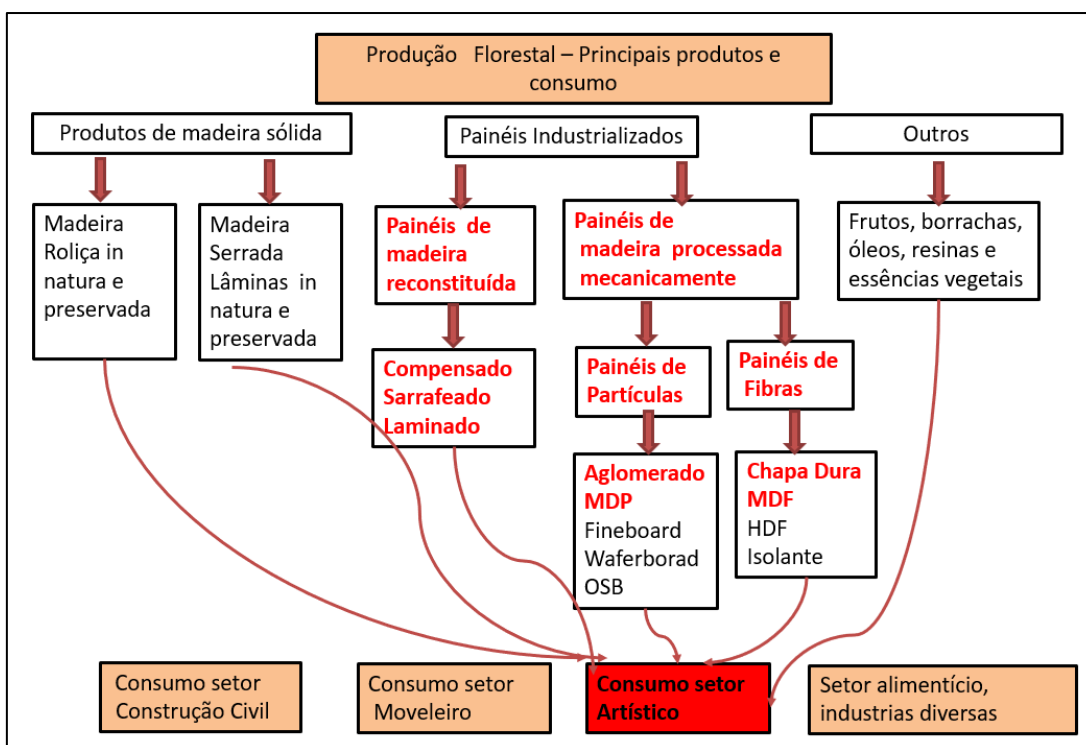


Fonte: ABIMCI, 2007.

A produção dos painéis compósitos é parte fundamental no desenvolvimento da tecnologia e ciência da madeira. O foco em pesquisas sobre recursos e ecoeficiência em materiais, incluindo matérias primas de fontes renováveis, levará ao desenvolvimento de "compósitos verdes" (Teischinger, 2010).

São diversos os produtos oriundos do setor florestal (FIG. 8). Percebe-se, que o setor artístico em sua diversidade criativa usa, praticamente, todos os recursos disponíveis.

Figura 8 - Produção Florestal: Principais produtos e consumos.



Fonte: a autora, 2018.

MDP refere-se ao Painel de Partícula de Média Densidade (*Medium Density Particleboard*); MDF refere-se ao painel de Média Densidade (*Medium Density Fiberboard*) HDF refere-se ao Painel de Fibra de Alta Densidade (*High Density Fiberboard*); OSB refere-se ao Painel de tiras de madeira orientada (*Oriented Strandboard Board*).

Esta pesquisa debruça sobre os produtos destacados em vermelho. Especificamente, dentro da categoria de painéis de madeira reconstituída, enfatizamos os compensados laminados e sarrafeados. Na categoria de painéis produzidos por processamento mecânico, destacamos os painéis de partículas como o aglomerado e MDP, e os de fibras como O MDF e chapa dura.

Entender as estruturas que compõem a madeira é parte importante no processo desta investigação, visto que é a matéria prima básica para a fabricação dos painéis. Pesquisas indicam que elementos químicos presentes na madeira natural influenciam, por exemplo, no processo de colagem das lâminas usadas na fabricação de compensados (MALONEY, 1997). A densidade, a acidez e demais extrativos interferem na produção dos painéis de partículas (IWAKIRI, 2005).

Além de importante ramo da ciência botânica, **a anatomia constitui-se elemento fundamental para qualquer emprego industrial que se pretenda destinar a madeira**, com os objetivos de: (i) conhecê-la visando ao seu emprego correto; (ii) identificar espécies; (iii) distinguir madeiras aparentemente idênticas; (iv) predizer utilizações adequadas de acordo com suas características estruturais; (v) prever e compreender o seu comportamento no que diz respeito a sua utilização (BOTOSSO, 2011, p.9, grifo nosso).

A Ciência da Madeira é um campo extenso de pesquisa. Dessa forma, direcionamos nossa investigação para os elementos que mais influenciam na fabricação dos painéis. O conhecimento dos fatores que determinam a resistência, dos agentes de deterioração da madeira podem fornecer subsídios para, comparativamente, analisar as possíveis melhorias, semelhanças ou diferenças, entre a madeira natural e seus produtos derivados. As propriedades e características da madeira encontram-se detalhadas no APÊNDICE C.

## 1.2 Painéis industrializados derivados da madeira

O processo de criação de materiais compósitos<sup>8</sup> empregando a madeira como base é antigo. Desde 1500 aC. os povos Egípcios e Mesopotâmicos conheciam a técnica de combinar e aglutinar matérias primas diferentes, para obtenção de melhoria das qualidades dos materiais. Estes povos empregavam a mistura de barro e palha, a fim de obter maior resistência e durabilidade em suas construções. Os Mongóis, em meados de 1220, criaram o primeiro arco com material compósito utilizando uma combinação de madeira, ossos e cola animal. Os arcos eram prensados e envolvidos em casca de bétula. A técnica produziu armas com extrema precisão, contribuindo para o domínio militar de Genghis Khan (NAGAVALLY 2017).

Barbu *et al.* (2014) apontam a fabricação dos antigos papiros chineses, por volta de 105 d.C., como técnica precursora do processamento industrial da madeira.

Maloney (1977) destaca como fase inicial da indústria de painéis seguintes patentes:

- França (1799): máquina para produção de papel em folha contínua.
- Alemanha (1844): máquina para triturar e produzir fibras de madeira
- Inglaterra (1851): sistema de produção de fibras por processo químico

As pesquisas para o desenvolvimento deste setor foram estimuladas pelo interesse na obtenção de um material com qualidades mais estáveis do que a própria madeira para utilização na construção civil. Acrescenta-se também, o alto custo da madeira maciça e perspectivas do seu uso de forma mais sustentável. O contínuo aperfeiçoamento das técnicas e o desenvolvimento de maquinários apropriados, viabilizaram o atual estágio industrial dos materiais derivados da madeira (IRLE, BARBU, 2010; MALONEY, 1977; IWAKIRI, 2005). As principais vantagens dos compósitos de madeira são as possibilidades de empregar árvores de pequeno porte,

---

<sup>8</sup> O material compósito segundo Navagally (2017) é obtido através da combinação dois ou mais materiais de constituições físicas e químicas diferentes, com o objetivo de produzir um material com características diferentes dos originais, promovendo uma melhoria em relação à resistência, dimensões e custo mais acessível.

de aproveitamento de resíduos de outros processos da indústria madeireira, da perspectiva de remoção de defeitos naturais, da obtenção de produtos mais uniformes e resistentes, do formato das chapas (BERGLUND; ROWELL, 2005).

Na literatura encontramos várias designações e definições para caracterizar os diversos painéis industrializados, a saber:

1. *Wood-based panels* – nomenclatura utilizada por Thoemen *et al* (2010) seguindo a normalização europeia estabelecida pela *Cost Action E49*<sup>9</sup>, intitulada *Processes and Performance of Wood-Based Panels*. A E49 define os painéis:

[...] as one in which the thickness of the product is considerably smaller than either its width or length and its manufacture includes a flat-pressing step. The broad categories of products covered are particleboards; oriented strand boards (OSB); fibreboards, particularly hardboards and medium density boards (MDF); and the veneer-based products including plywood and laminated veneer lumber (LVL) (THOEMEN, p. 15, 2010).<sup>10</sup>

2. *Wood composite* – designação utilizada por Winandy e Stog (2007) para definir os produtos feitos a partir de lâminas, fibras ou partículas de madeira, com emprego ou não de resinas sintéticas. O resultado deste processo produz um material com elevada performance e desempenho. Os autores subdividem os *wood composites* em três categorias:

- *Engineered Wood Composites* – nesta primeira categoria estão os painéis de compensado, os de partículas e os de fibras;
- *Wood Inorganic Composites* – nesta segunda categoria estão os materiais produzidos a partir da madeira com adição de gesso e plásticos;

---

<sup>9</sup>Cost são iniciativas europeias para estudo de temas específicos, reunindo uma rede de cientistas e indústrias. A Cost E 49 denominada *Processes and Performances of Wood-Based Panels* avalia todos os aspectos dos WBP, incluindo as matérias primas (madeira, adesivos, acabamentos, revestimentos) empregadas em todos os tipos de painéis, seu uso e propriedades.

<sup>10</sup> E49 define WBP como um produto cuja espessura é consideravelmente menor do que sua largura ou comprimento e sua manufatura inclui etapa de prensagem para planificação. Engloba os painéis de partículas; OSB; painéis de fibras, particularmente os de chapa dura; MDF; os produtos à base de lâminas como compensado e LVL (THOEMEN, p. 15, 2010, tradução nossa)

- *Wood Plastic Composites* – nesta terceira categoria estão os compósitos termoplásticos. Amolecem quando aquecidos e endurecem quando resfriados.

Maloney (1996) também emprega o termo *Wood Composite*. Enfatiza que as indústrias de produtos florestais optaram por esta denominação para abranger todos os diferentes materiais desenvolvidos a partir da aglutinação dos elementos de madeira de vários formatos (FIG. 9).

Figura 9 - Geometria da madeira empregados na produção dos painéis de madeira.



Fonte: Maloney, 1977.

Apresentação dos diversos formatos/elementos de madeira empregados na fabricação dos painéis iniciando com os de maiores dimensões até os menores.

3. *Wood-Based Composite Materials* – expressão apresentada na publicação *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*, para definir os produtos manufaturados à base da transformação/redução da madeira, aglutinados por resina e outros aditivos. As propriedades dos diferentes painéis são alteradas conforme o tamanho e a geometria das partículas (STARK *et al.*, 2010).

4. *Wood Composition boards* – designação indicada na publicação *Fiberboard Manufacturing Practices in the United States*. Descreve os painéis como produtos manufaturados a partir da redução da madeira em formatos e tamanhos diversos, aglutinados por resina através de pressão e calor (SUCHSLAND; WOODSON, 1986).



5. Painéis de Madeira Reconstituída – O professor Setsuo Iwakiri apresenta na publicação Painéis de Madeira Reconstituída (2005) a seguinte descrição:

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida, e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005, p. 3).

Iwakiri (2005) distingue duas categorias: os compostos laminados que incluem os tipos de painéis compensados; e os compostos particulados que incluem os painéis de fibras e partículas.

6. Painéis de Madeira Industrializada – a publicação do BNDES intitulada Panorama de mercado: painéis de madeira (2014) enumera duas categorias:

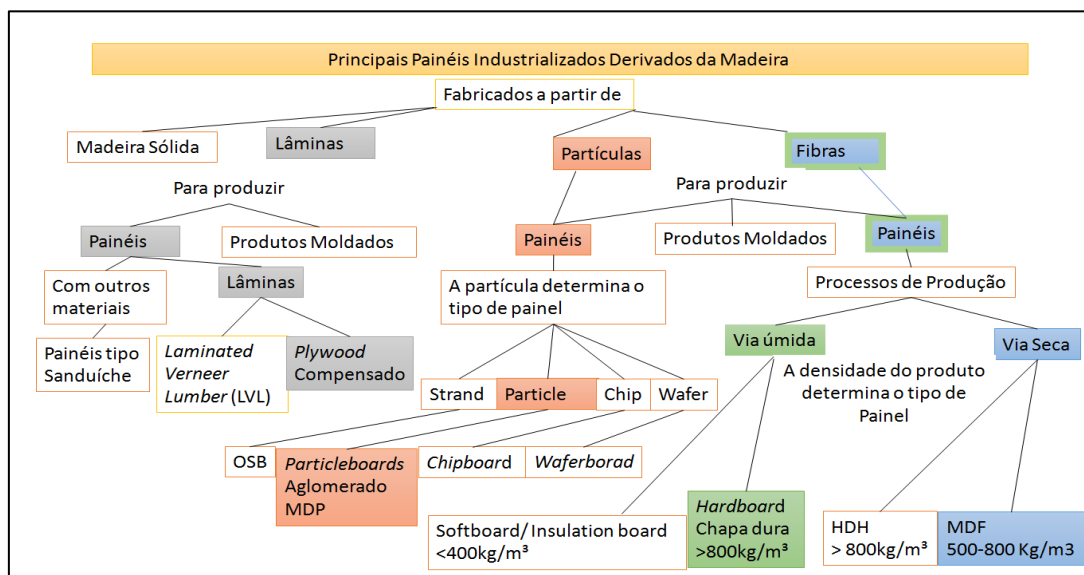
- Painéis de Madeira Processada Mecanicamente – específica para os compensados;
- Painéis de Madeira Reconstituída "fabricados com base no processamento químico da madeira que passa por diferentes processos de desagregação" (VIDAL; HORTA, 2014, p. 325). Os Painéis de Madeira Reconstituída subdividem-se em painéis de Fibras e Painéis de Partículas.

7. Madeira transformada – Bauer (2008) explica que os processos de beneficiamento e transformação da madeira através da sua reestruturação originam os tipos de madeira transformada. Aponta:

1. Quando tábuas de fraca espessura e, portanto, com eventuais defeitos controlados são simplesmente associadas por colagem resistente, de maneira a compor peças com seções adequadas, resultam as *madeiras laminadas*.
2. Diversas lâminas finas de madeira, coladas uma sobre as outras, de maneira que as fibras de uma se disponham sobre as das lâminas vizinhas: madeira laminada compensada ou contraplacados de madeira.
3. Fragmentos menores de madeira - aparas, maravalhas, virutas - aglomerados com cimentos minerais ou resinas, sob pressão variada: Madeira aglomerada.
4. Finalmente, no último estágio de fragmentação mecânica, o tecido lenhoso pode ser reduzido a uma polpa de fibras dispersas. A reaglomeração sob pressão dessas fibras, usando-se resinas como aglomerante, dá origem a um novo material no qual as fibras deixam de ter orientação predominante: são as chapas ou blocos de madeira reconstituída (BAUER, 2008, p.517-518).

Comercialmente, emprega-se o termo *chapa* aos diversos padrões, por exemplo, chapa de MDF, chapa de compensado etc. Nesta pesquisa, optamos por tratar como Painéis Industrializados Derivados da Madeira (PIDM) os produtos resultantes da produção industrial que transforma a madeira maciça em diversos tipos de painéis comercializados mundialmente (FIG. 10). O processo inicia-se com a transformação das toras em diferentes formatos tais como lâminas, sarrafos, partículas ou fibras, que são aglutinados por pressão e calor em processos distintos, com emprego de resinas sintéticas, ou por ativação da lignina existente na madeira. Outros aditivos químicos podem ser acrescentados para implementar qualidades específicas às diferentes tipologias de painéis.

Figura 10 - Tipologia dos PIDM



Fonte: Adaptado de IRLE, BARBU, 2010.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) apresenta as normas relacionadas à madeira e painéis derivados na CB-031 Madeira (Comitê Brasileiro 031 de Madeira). As Normas Brasileiras deste grupo são apresentadas e nomeadas separadamente para a madeira, para os painéis partículas de média densidade, chapa dura e madeira compensada. O ANEXO 1 apresenta a relação completa da CB-031 Madeira.

A investigação sobre o processo de fabricação, a composição, as características estruturais de cada painel e as vulnerabilidades, nos aproxima do nosso objetivo

principal: reconhecer as possíveis implicações dos suportes em PIDM no estado de conservação de obras pictóricas executadas sobre estas superfícies, especificamente, os painéis de madeira compensada, partículas e os painéis de fibra.

No APÊNDICE D são apresentadas as características gerais de fabricação dos PIDM.

## CAPÍTULO 2 CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS DE MADEIRA COMPENSADA, PARTÍCULAS E FIBRAS

“O que é Vulcano perante Robert & Co., Júpiter perante o para-raios, Hermes perante o Crédito Mobiliário?” Interroga-se Marx na *Crítica da economia política*. É importante ver como um sistema de imagens já afirmado se desmorona perante a mudança decisiva sócio econômica que se verificou pelo meio do século XIX. Não mudam só as relações de produção e difusão, mas também se transferem valores e, em definitivo, muda a área estética. (ARGAN, FAGIOLO, 1994).

Os painéis industrializados derivados da madeira de interesse especial desta pesquisa são os painéis de compensado, aglomerado, chapa dura e MDF, devido ao uso predominante como suporte pictórico.

### 2.1 Painéis de madeira compensada.

Em 1942 foi publicado o livro *Modern Plywood*, de autoria de Thomas D. Perry (1877-1958), e, logo na introdução é destacada a importância do compensado como produto para a engenharia, construções de barcos, aviões e mobiliário. Coloca a produção de compensados como um marco na indústria da madeira americana. O autor define o produto como:

Plywood as the word is understood today, is a relatively recent product, its general use dating from shortly after the Civil War. In its simplest form it consists of three layers of thin wood, firmly glued together, with grain direction of the middle layer at right angles to that of the two parallel outer layers [...] Obviously this crossing of the grain and gluing together imparts to the new product a stability and strength does not find in the original material. From this simple form and rudimentary principle has grown a tremendous industry, with products that serve a wide range of human needs, ministering to man's comfort and appealing to his sense of beauty (PERRY, 1942, p.18).<sup>11</sup>

---

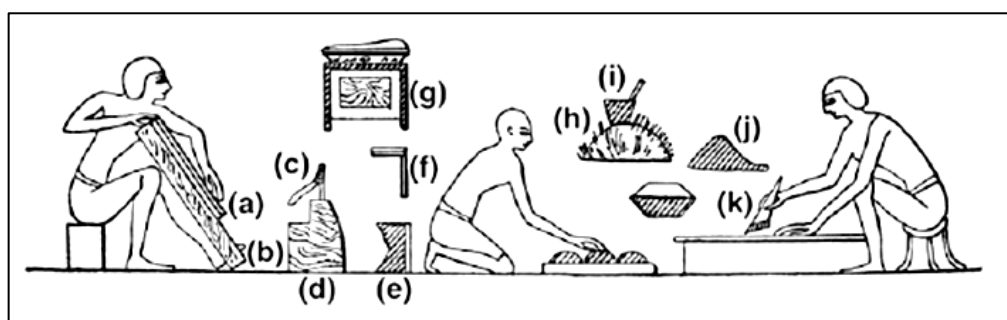
<sup>11</sup> Compensado como entendido hoje, é um produto relativamente recente, seu uso remonta a tempos posteriores à Guerra Civil. Consiste, em sua forma mais simples, de três camadas finas de madeira, firmemente coladas, com direção perpendicular dos grãos da camada intermediária em relação às duas camadas externas paralelas [...] Obviamente, esse cruzamento de fibras e colagem confere ao produto novo uma estabilidade e resistência não

O termo contraplacado foi empregado como sinônimo de compensado no início da produção brasileira. O produto é definido no Dicionário da Arquitetura Brasileira de 1958:

Chapas compostas de madeira de largo emprego na construção, na marcenaria, na carpintaria. É resultado da sobreposição de folhas delgadas de madeira, com as fibras cruzadas, variando de 1 a 6 milímetros, podendo comumente atingir maiores espessuras e composto de cinco, sete ou nove folhas ligadas à base de cola especial e submetidas a forte pressão hidráulica. Consiste em um material possuidor de todas as vantagens da madeira, como a elasticidade, leveza etc., apresentando maior resistência, homogeneidade e indeformabilidade, podendo atingir grandes dimensões (CORONA, LEMOS, 1958, p. 61).

A arte milenar de laminação de madeiras influenciou a produção atual dos painéis de compensado. Sandberg (2016) destaca que a fabricação de chapas de compensado inclui técnicas de aplicação de adesivos, folheação e laminação de madeiras conhecidas desde a antiguidade, a cerca de 1550 aC. Evidências foram descobertas nos ornamentos em relevos de tumbas egípcias da cidade de Tebas, na época de Tutmosis III (FIG. 11).

Figura 11 - Registro trabalhos em madeiras antigo Egito



Fonte: Sandberg, 2016.

Homem da esquerda: aplicação de verniz  
 Homem do meio: triturando algum material  
 Homem da direita: aplicação de adesivo com pincel  
 O painel apresenta os processos e materiais: a) e b) trabalho na obra;  
 c) e d) ferramenta (enxó) fixada no bloco de madeira;

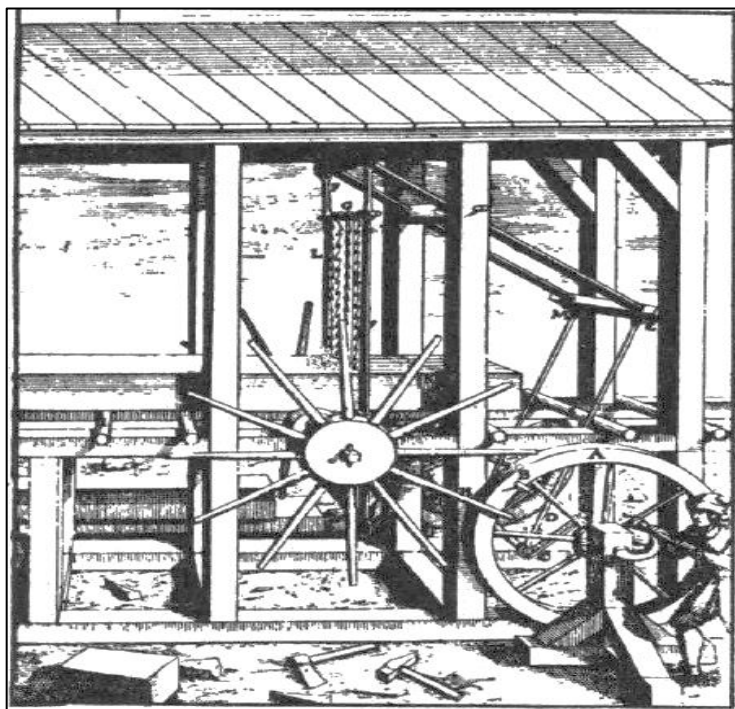
encontradas no material original. Deste modelo simples surgiu uma tremenda indústria, com produtos que atendem a uma ampla gama de necessidades humanas, propiciando conforto e senso estético. Tradução nossa.

- e) régua;
- f) esquadro;
- g) uma caixa;
- h) e i) aquecimento de adesivo;
- j) pedaço de adesivo
- K) aplicação com pincel

A modernização de maquinários e registros de patentes documentam os avanços nos sistemas de laminação. Perry (1942) destaca os seguintes eventos em ordem cronológica:

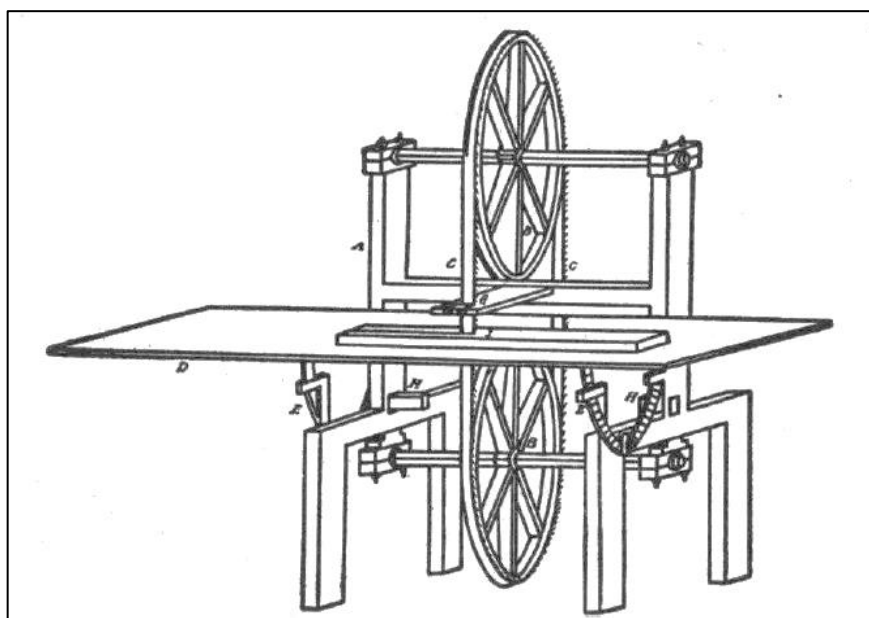
- Século XII: início da mecanização das serrarias para produção de lâminas (FIG. 12). Possivelmente, em 1650 foi desenvolvida a primeira serra para laminação.
- Século XVII: a primeira patente de serra circular inglesa foi registrada por Samuel Miller em 5 de agosto de 1777.
- Século XIX: o advento das máquinas a vapor impulsionou as indústrias. Em meados de 1849 foram inventadas as serras com dentes específicos para cortes de lâminas.
- Século XIX: em 1808, na Inglaterra, William Newberry registrou a primeira patente de serra de fita (FIG. 13) com lâminas de aço de espessuras mais finas do que as serras circulares. A indústria de construção de pianos, por volta de 1830, possivelmente, foi a primeira a empregar os painéis de compensado.
- Século XIX: John K. Mayo patenteou em 1865 o processo de fabricação de estruturas laminadas coladas em camadas com as fibras em sentidos transversais (FIG. 14). Esta patente foi reemitida três vezes até 1868. Em 1872 George Gardner registrou a patente do processo de fabricação de assentos perfurados reforçados com lona. As patentes ainda não se referiam ao produto pelo nome de compensado.

Figura 12 - Imagem de uma antiga serraria em 1650.



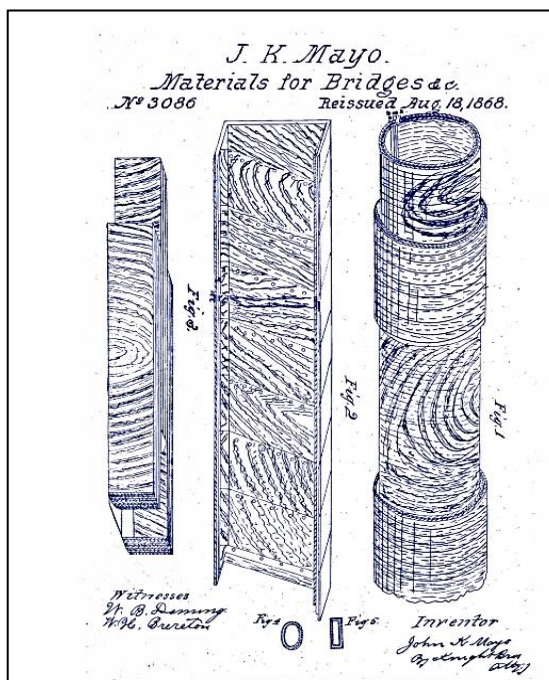
Fonte: Perry, 1942.

Figura 13 - Serra de fita de Newberry (1808)



Fonte: Perry, 1942.

Figura 14 - Patente do americano John Mayo



Fonte: Rink, 2019.

Bauer (2008) esclarece que a madeira compensada deriva da arte da marchetaria, destacando os marceneiros do século XVIII *Chippendale* e *Hepplewhite*, cujos trabalhos são referências no estilo de mobiliário. A chapa de folheado tornou-se madeira compensada a partir do uso de torno mecânico provido de faca horizontal. Este processo "desenrola um lençol contínuo de madeira, como se fora um papel bobinado, o qual com a espessura de um mm e meio, terá mais de 180 metros numa tora com 1 metro de diâmetro" (BAUER, 2008, p. 521). A invenção do torno laminador para produção contínua de lâminas foi em 1818, e a primeira indústria laminadora foi fundada na Alemanha em meados do século XIX (IWAKIRI, 2005).

Baldwin (1981) determina três períodos marcantes na história da fabricação de compensados. O primeiro compreende os anos de 1905 a 1935 e é caracterizado pela implementação de tecnologia básica de produção e ampliação de mercado. As novas resinas sintéticas e o desenvolvimento de sistemas de prensagem marcam o segundo período, delimitado entre os anos de 1936 e 1965. A última fase, de 1966 a 1982, destaca-se pela automatização industrial, melhorias nos adesivos e aditivos tais como resinas, extensores, catalisadores e emprego de secadoras mais eficientes,



gerando com estas implementações mais qualidade, produtividade e redução de custos.

A produção em larga escala firmou-se a partir do início do século XX nos EUA com o reconhecimento do termo *plywood*, pois até então era empregado *veneered* e para o processo de fabricação o termo usual era *veneering* (Perry, 1942).

A produção brasileira de compensados começou na região sul utilizando o Pinho do Paraná (*Araucária angustifolia*) como matéria-prima e a caseína como adesivo. A cronologia da implantação de indústrias de compensado no país é apresentada por Calado (1994), no artigo intitulado Evolução da Madeira Compensada no Brasil (QUADRO 1):

Quadro 1 - Cronologia da produção de madeira compensada no Brasil

<b>Data</b>	<b>Evento</b>
<b>1932</b>	A primeira fábrica brasileira foi fundada em Santa Catarina: a Indústria Renard.
<b>1941</b>	Constituído o Instituto Nacional do Pinho. As normas de fabricação foram estabelecidas com interesse em obter qualificações para os produtos no mercado internacional.
<b>1945</b>	Fundada a Associação da Indústria de Madeiras Laminadas e Compensados do Estado do Paraná, mais tarde transformada em sindicato. Neste mesmo ano a empresa Renard construiu uma filial em Curitiba, Paraná.
<b>1946</b>	Iniciou-se a produção de compensados a prova d'água pela empresa Presgrave & Melo, antecessora da Madeirit
<b>1947</b>	União das empresas de adesivos Incola S.A e a <i>Bordem Chemical</i> originando a Alba.
<b>1950</b>	Instalação da primeira da primeira indústria de compensados da região Norte (na cidade de Pontal no Pará).
<b>Década 50</b>	A empresa Omeco começou a produzir pratos com aquecimento por resistências elétricas para uso nas prensas.
<b>Década 60</b>	A empresa Madeirit iniciou os primeiros reflorestamentos.
<b>Década 60</b>	Secadores contínuos para uso nas lâminas faqueadas, denominados <i>Hildebrand</i> , começaram a ser fabricados em Nova Iguaçu, no Rio de Janeiro.
<b>Década 70</b>	A madeira de folhosas começou a ser usada para produção do miolo das placas de compensado.
<b>Década 70</b>	A importação de maquinários mais modernos implementou melhorias no setor
<b>1972</b>	Fundação da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI).
<b>1975</b>	A madeira Jequitibá empregada nas indústrias do estado do Espírito Santo começou a se esgotar, causando a interrupção do processo industrial.

Fonte: CALADO, 1994

### 2.1.1 Classificação dos painéis de madeira compensada

Os compensados, de uma maneira geral, são classificados em: compensados multilaminados, laminados, sarrafeados, e os denominados *Three-ply* ou compensado de madeira maciça constituído por três camadas cruzadas de sarrafos colados lateralmente (MATTOS *et al.*, 2008).

Os compensados são também classificados segundo o local de utilização:

- Compensado para uso interior: utilizado em áreas onde não há exposição à umidade (normalmente é empregado a resina ureia formaldeído na composição).
- Compensado para uso intermediário: também destinado a uso interno, mas em ambientes de alta Umidade Relativa (UR) fabricados com melamina-ureia-formaldeído
- Compensado indicado para uso em áreas externas ou ambientes suscetíveis a umidade (fabricados com resina fenol-formaldeído). O compensado para uso externo é também conhecido como naval (TOMASELLI, 1988).

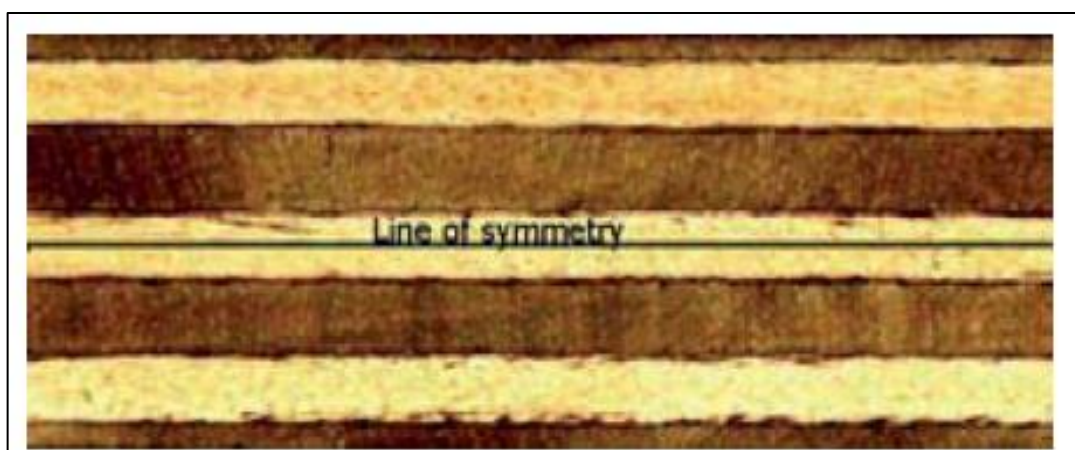
O Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) através da Portaria nº 443 de 04 de dezembro de 2008 estabelece vários critérios para a comercialização dos painéis de madeira compensada no Brasil, em conformidade com as normas da ABNT. O item 4.4 da portaria determina um conjunto de informações que devem ser emitidas pelo fabricante sobre o produto comercializado

- Madeira comercializada.
- Classificação pela aparência superficial.
- Tipo de uso (estrutural ou não estrutural).
- Condições de uso (externo, externo abrigado ou interno).
- Dimensões do painel de madeira compensada (comprimento, largura e espessura).
- Quantidade de lâminas que compõem o painel de madeira compensada.
- Tipo de colagem fenólica ou uréica (INMETRO, 2008).

### 2.1.2 Compensado laminado

Irle e Barbu (2010) definem o compensado laminado como uma chapa composta por um número ímpar de camadas. O uso de camadas em número ímpar refere-se aos arranjos das fibras de cada camada, uma perpendicular à outra, visando melhorias na estabilidade dimensional do painel, em função da anisotropia da sua matéria prima. Este sistema de montagem cruzada faz com que o painel seja simétrico em sua espessura, ou seja, a metade inferior é uma construção espelhada da superior e assim as possíveis movimentações se equilibram (FIG. 15).

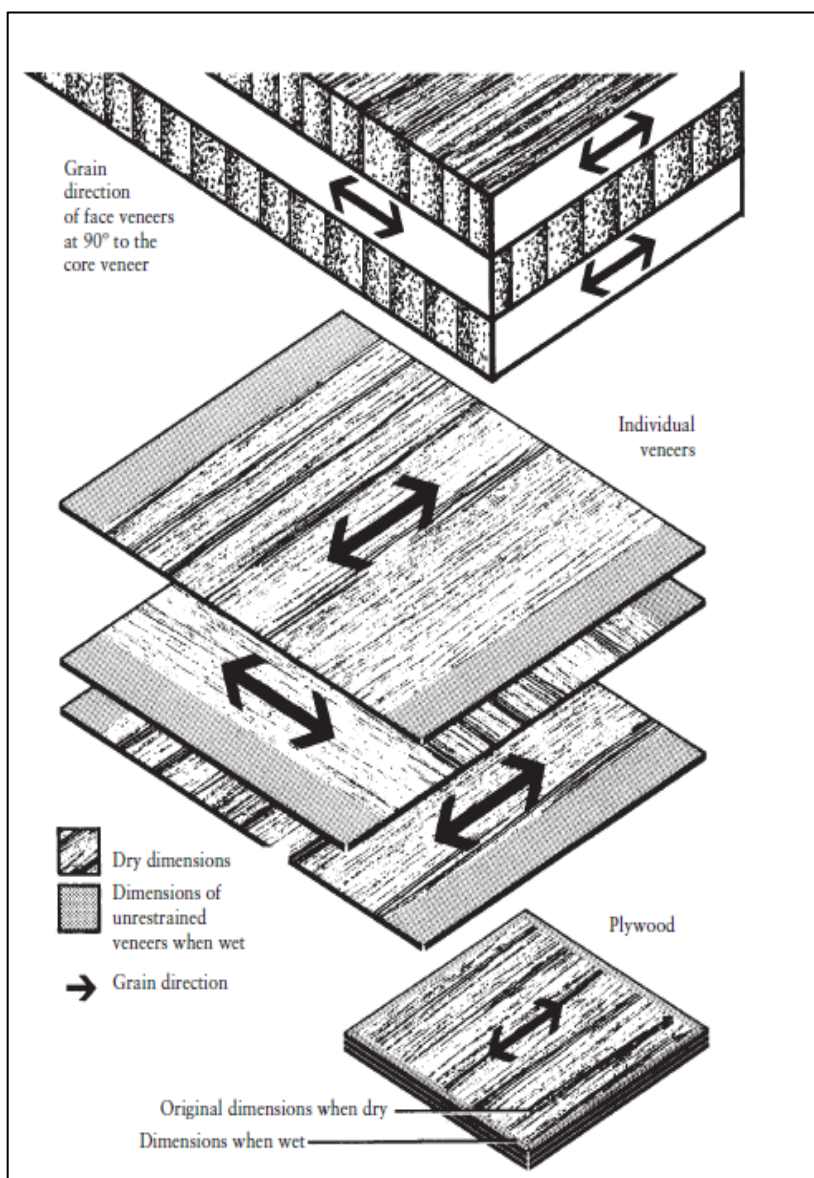
Figura 15 - Detalhe de uma seção transversal de um compensado de 7 camadas com marcação da linha de simetria.



Fonte: Irle, Barbu, 2010.

Iwakiri (2005) pontua que em compensados de quatro camadas as duas do meio são coladas na mesma direção de fibras. Shmulsky e Jones (2011) explicam que uma lâmina isolada tem praticamente a mesma retração e dilatação da madeira de origem, porém, após a montagem cruzada (FIG. 16) forma-se um painel com comportamento mais estável.

Figura 16 - Comparação entre a estabilidade de lâminas individuais e o compensado de três lâminas



Fonte: Shmulsky, Jones, 2011.

O cruzamento das fibras produz uma homogeneização de composição e resistência similar nos sentidos transversal e longitudinal das fibras, estabelecendo uma relativa isotropia de comportamento mecânico. Outras características influenciam nas propriedades mecânicas dos painéis de compensado, como tipo e qualidade do adesivo, número e espessura das lâminas e da natureza da solicitação mecânica (BAUER, 2008, STARK *et al.*, 2010). Para entender o processo de fabricação de compensados laminados é necessário investigar como são fabricadas as lâminas de madeira (QUADRO 2).

Quadro 2 - Processo de laminação

1. Armazenamento das toras	Etapa de recebimento, identificação, mensuração, classificação e armazenamento das toras de madeira.
2. Preparação para laminação	Etapa de descascamento, conversão e aquecimento
3. Remoção da casca	Através de ferramentas manuais (machados), aplicação de água sob pressão, método de fricção com uso de tambor rotativo, método de cisalhamento empregando descascador em anel e descascador com sistema de cilindro cortante. A remoção da casca diminui o tempo de aquecimento das toras, visto que é material isolante.
4. Conversão das toras	Cortes no sentido do comprimento para uso no torno, e de acordo com a dimensão de painéis a executar (utiliza-se motosserras). Cortes em formato de pranchões e blocos para uso da Faqueadeira (a Faqueadeira é uma máquina específica para a produção das lâminas)
5. Aquecimento das toras	Objetivo: aumentar a plasticidade da madeira, evitando fendas superficiais. O amolecimento da madeira é devido às mudanças físicas da lignina e substâncias peptídicas.
6. Produção de lâminas com torno	Com utilização de torno: é o equipamento mais utilizado para produção de lâminas. A tora de madeira é fixada em garras nas duas extremidades e através de movimento de rotação a tora é laminada, continuamente, pelas facas de corte afiado. Os equipamentos mais modernos possuem sistema de carregadores de toras automáticos.
7. Produção de lâminas com Faqueadeira	Com utilização de Faqueadeira: equipamento específico para lâminas decorativas. A tora de madeira é desdobrada em blocos ou pranchões, e o faqueamento é executado através de cortes descontínuos. O procedimento é mais lento e mais caro do que o que utiliza o torno, porém, o acabamento é melhor. O equipamento pode ser do tipo horizontal ou vertical. Facas e barras de pressão: peças fundamentais para os dois processos de laminação, torno e Faqueadeira. A faca separa a lâmina da tora de madeira, a barra de pressão comprime a madeira, pressionando a peça para a realização do corte. Sistemas de esteiras: as lâminas são continuamente conduzidas para cortes em guilhotinas (acionamento mecânico ou pneumático) dotadas de sensores que identificam defeitos. As guilhotinas podem ter acionamento mecânico ou pneumático das facas. O sistema de guilhotina rotativa (cilindros com facas) apresenta a vantagem de não interferir no fluxo de movimentação da lâmina.
8. Transporte e uso de guilhotina	Sistema de bobinas: as lâminas são enroladas em bobinas e armazenadas para futura etapa de corte. Sistemas para lâminas faqueadas. Guilhotina refiletadeira: as lâminas são prensadas e cortadas a laser.
9. Secagem	Processo para deixar as lâminas com equilíbrio teor de umidade, adequadas para a colagem e execução de chapas de compensados.

Fonte: Iwakiri, 2005.

O processo de fabricação dos compensados laminados inclui as seguintes etapas (QUADRO 3):

Quadro 3 - Etapas do processo produção de compensado laminado

Produção de Compensado laminado	
Processo	Características
Junção de Lâminas	Colagem de lâminas com vistas ao aproveitamento e adequação de medidas em relação ao produto. A colagem pode ser superficial com fios de nylon com resinas <i>hot-melt</i> , colagem superficial com fita adesiva e colagem lateral.
Preparação e aplicação do Adesivo	O adesivo é preparado em misturadores mecânicos. São empregados vários componentes: resina, extensor, catalisador, materiais de enchimento e aditivos químicos, como retardante de fogo, imunizantes etc. A formulação do adesivo e aditivos segue a especificação do painel
Montagem do Compensado	Operação de sobreposição de lâminas com adesivos. O compensado é formado por uma lâmina de capa, várias lâminas de miolo e uma lâmina de contra capa, formando número ímpar de camadas. Após a colagem inicia-se o processo de tempo de montagem, que é um tempo de espera para que ocorra a absorção do adesivo em todas as lâminas. O tempo de montagem equivale ao tempo entre a montagem e o carregamento na prensa a quente.
Pré-prensagem	Esta etapa implementa melhorias na qualidade da colagem, na produtividade e redução de defeitos de fabricação. A distribuição dos adesivos nas camadas. Auxilia na transferência do adesivo entre as lâminas.
Prensagem a quente	A maioria das empresas utiliza prensa com sistema de aquecimento a vapor. Nos pratos das prensas pode-se utilizar parafinas e talcos industriais como desmoldantes. O nível de pressão aplicada na prensa é em função da densidade da madeira empregada, da superfície e da gramatura da lâmina. A temperatura da prensagem está relacionada com o tempo adequado de cura do adesivo.
Acabamento dos painéis	Envolve as etapas: acondicionamento, esquadrejamento, calibração e lixamento.  Acondicionamento: período necessário para cura adicional da resina e equalização do gradiente de temperatura e umidade.  Esquadrejamento: Cortes para ajuste de largura e comprimento. As dimensões mais comuns comercializadas no Brasil são de 1600 x 2200 mm e 1220 x 2440 mm.  Calibração e Lixamento: processo de ajuste de espessura e eliminação de pequenas imperfeições nas faces externas.

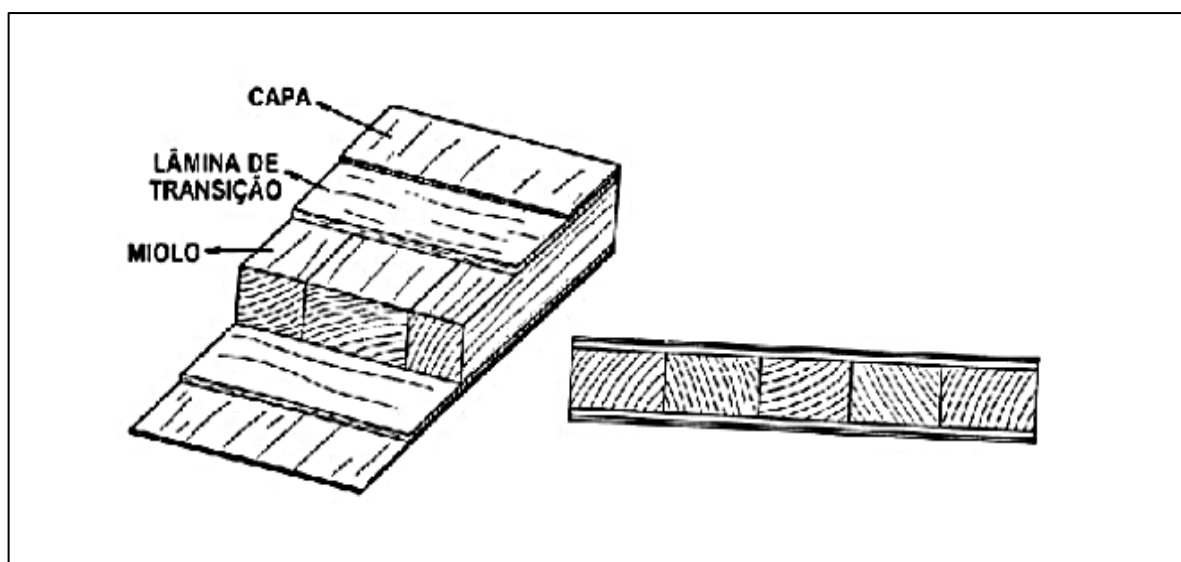
Fonte: Iwakiri, 2002.

### 2.1.3 Compensado sarrafeado

Na montagem da chapa de compensado sarrafeado emprega-se sarrafos de madeira para formar o miolo da estrutura. Os sarrafos são unidos compondo um painel e

revestidos por lâminas de transição, coladas perpendicularmente aos sarrafos, denominadas contra capas (FIG. 17). Posteriormente, outras lâminas encapam o conjunto já formado, dando o acabamento para finalizar o processo (IWAKIRI, 2005; MATTOS *et al.*, 2008).

Figura 17 - Desenho esquemático da montagem do compensado sarrafeado

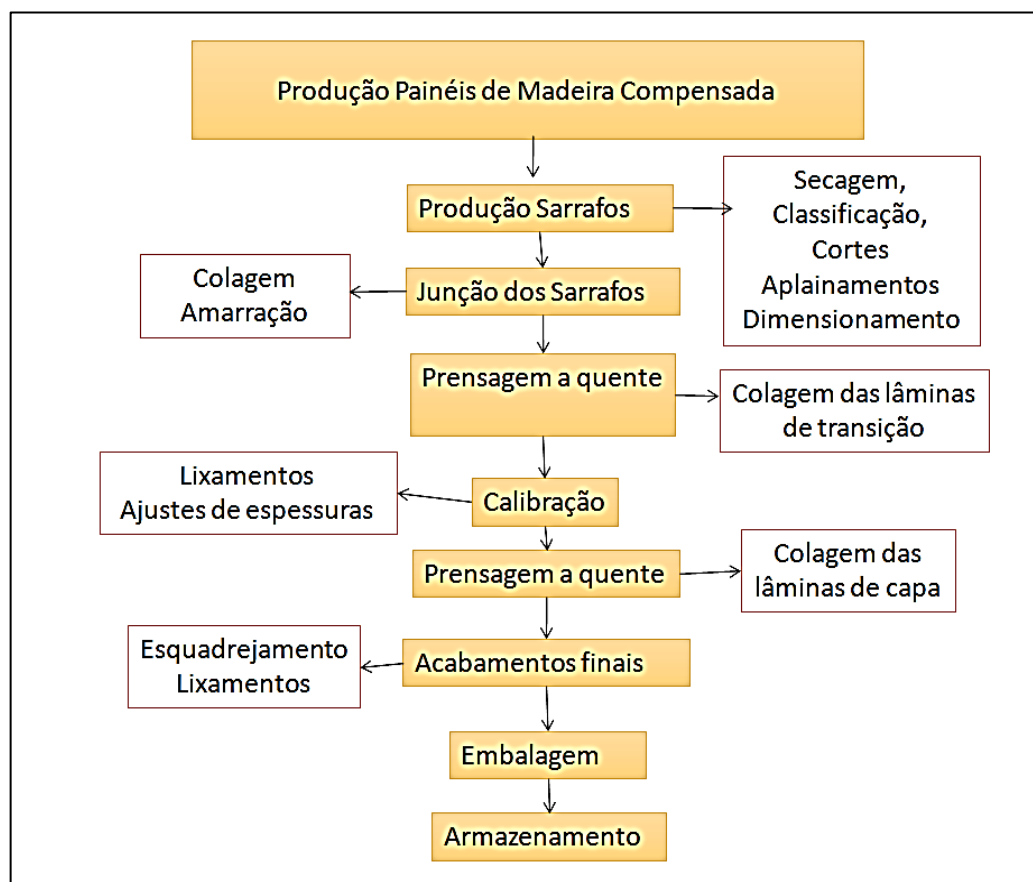


Fonte: Iwakiri, 2005.

O sistema de fabricação (FIG. 18) inicia-se com a preparação dos sarrafos, fase que inclui a secagem, a classificação e a junção das peças.

A junção dos sarrafos é um processo automatizado e emprega adesivos tipo *hot melt* (adesivo em forma sólida, fundido em alta temperatura), amarrações com fios de nylon e emulsão de acetato de polivinila (PVA). Máquinas de fluxo contínuo são responsáveis pela efetiva amarração e prensagem dos sarrafos com rolos aquecidos. Após a junção, o conjunto de sarrafos é climatizado. Esta estrutura será o miolo do compensado sarrafeado. O painel miolo é então revestido por lâminas nas faces superior e inferior, com sentido de grã perpendicular ao sarrafo. As lâminas externas, chamadas de capa, são adicionadas por prensagem, a partir daí o painel pode receber o acabamento de esquadrejamento e lixamentos. As lâminas empregadas nas capas são de qualidade e acabamentos diferenciados, podendo ser utilizadas folhas de madeiras de lei, fator que agrega valor e sofisticação ao produto (IWAKIRI, 2005).

Figura 18 - Esquema da fabricação de chapas de compensado sarrafeado



Fonte: Adaptado de Iwakiri, 2005.

#### 2.1.4 Fatores que interferem na qualidade dos painéis de compensado

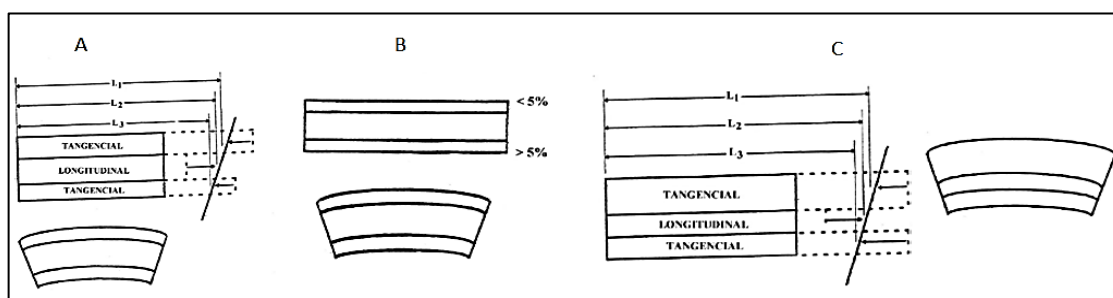
As propriedades de resistência e rigidez dos compensados sofrem influência da quantidade e espessura das lâminas empregadas na fabricação; da espécie de madeira e do teor de umidade. As deformações podem ocorrer devido ao excesso e duração de carga recebida. Umidade ambiental em demasia, temperatura extremas e danos relacionados com fogo são causas de deterioração nas chapas (STECK, 1995).

Os principais parâmetros avaliados pelo setor de qualidade e desenvolvimento de produto das indústrias são: umidade, massa específica aparente, módulo de elasticidade e ruptura em flexão estática, compressão paralela ao plano do painel, resistência de linha de cola aos esforços de cisalhamento, absorção de água, inchamento e recuperação em espessura e emissão de formaldeído livre (IWAKIRI, 2005).



Para que as chapas de compensado cumpram os requisitos acima de maneira satisfatória a escolha da madeira e demais produtos empregados na fabricação deve ser criteriosa. A seleção, o preparo e a secagem das lâminas são processos fundamentais. Deformações nas chapas podem ser consequência de montagem empregando lâminas de espécies distintas (FIG. 19 A), com índices de umidade diferentes (FIG. 19 B), ou com espessuras desiguais (FIG. 19 C).

Figura 19 - Representação esquemática de empenamentos nas chapas de compensados laminados



Fonte: Iwakiri, 2005.

- A - Empenamento devido ao emprego de lâminas de diferentes espécies nas faces superior e inferior do compensado.
- B - Empenamento devido à utilização de lâminas com teor de umidade diferentes nas faces superior e inferior do compensado.
- C - Empenamento devido ao uso de lâminas de diferentes espessuras na face superior e inferior do compensado.

As variações higrotérmicas ambientais podem originar deformações visíveis. Ao serem afetadas pela umidade, as lâminas externas tendem a se movimentar, e a força dos adesivos presentes nas interfaces causam uma compressão interna, produzindo fissuras e fendas. Delaminações e separação das camadas de lâminas podem ocorrer devido à falha na aplicação ou formulação dos adesivos (BUCUR, 2011).

Em relação ao teor de umidade de equilíbrio com o ambiente, Steck (1995) afirma que comparado à madeira maciça leve (tipo coníferas), os diversos tipos de compensado, apresentam um índice um pouco menor, devido às linhas de cola empregadas entre as camadas (QUADRO 4).

Quadro 4 - Teor de Umidade Compensado e Madeira

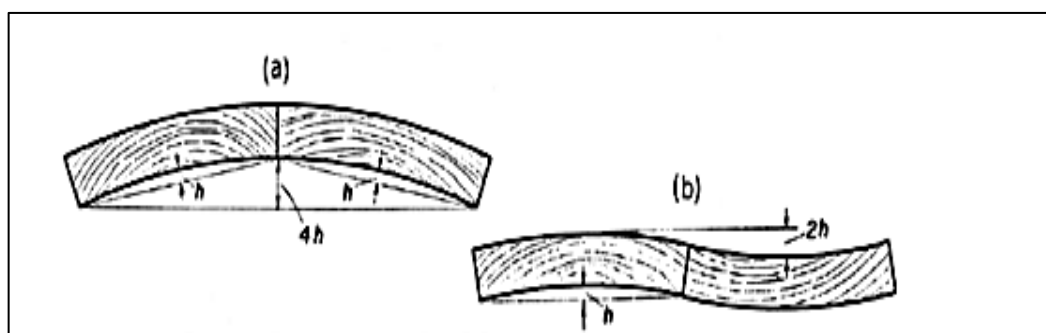
Temperatura ambiente	20°C		
UR do ar	65%	30%	85%
Compensado	~ 10%	~ 5%	~ 15%
Madeira maciça macia	~ 12%	~ 5%	~ 17%

Fonte: Steck, 1995.

A qualidade da linha de cola está diretamente relacionada às características de resistência e elasticidade da chapa, visto que devem garantir a união entre as lâminas (BODIG; JAYNE, 1982).

Nos compensados sarrafeados empenamentos podem ocorrer devido a colagem de sarrafos cortados nos sentidos radiais ou tangenciais, e provenientes de madeiras com índice elevado de anisotropia. O sentido dos anéis de crescimento também influencia. Por exemplo: dois sarrafos cortados e com a mesma orientação dos anéis de crescimento e colados lateralmente, apresentam empenamento quatro vezes maior do que se fossem colados na posição contrária (FIG. 20). Porém, em se tratando de produção em escala industrial não é possível organizar sarrafo por sarrafo, sendo a distribuição aleatória a opção mais usual (IWAKIRI, 2005).

Figura 20 - Empenamentos proveniente de colagem de sarrafos



Fonte: Iwakiri, 2005.

Produtos incorporados no processo de fabricação, a exemplo do amido que é adicionado como extensor, quando associados a fenômenos de aumento de umidade tornam-se atrativos para bactérias. Lâminas de madeira extraídas de alburno, parte mais suscetível da madeira às contaminações, podem ser atacadas por coleópteros. A espécie *Lyctus brunneus* já foi identificada por infestação em painéis compensados

manufaturados com resinas fenólicas. As perfurações produzidas para o inseto sair foram observadas sempre na região onde se encontra a lâmina de alburno. A infestação pela espécie *Bostrichidae* está associada ao teor de amido e açúcares presentes no alburno e já encontrados em lâminas de madeira e painéis compensados (MORESCHI, 2013).

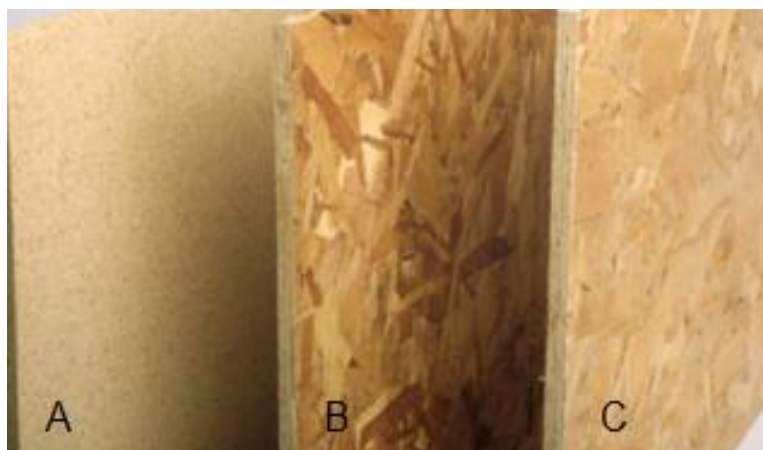
Percebe-se, que apesar do aumento de resistência à infestação biológica, devido aos compostos sintéticos adicionados no processo de fabricação, os compensados são suscetíveis à contaminação. Índices inadequados de umidade favorecem o ataque de fungos, insetos e outros microrganismos, bem como alteram a resistência mecânica.

## **2.2 Painéis de partículas**

Painéis de partículas de madeiras denominados em inglês como *Particleboards*, podem ser definidos como um painel produzido a partir de fragmentos de madeira de vários formatos, aglutinados com resinas e prensados através de calor e pressão (IRLE, BARBU, 2010; Stark *et al.*, 2010)

O tipo de fragmento caracteriza os diversos painéis: madeira aglomerada e MDP (FIG. 21 A) – produzidos a partir de partículas; OSB – painel tipo estrutural produzido por fragmentos retangulares; *Waferboard* (FIG. 21 B) – painel estrutural, com as partículas quadradas ou retangulares em dimensões maiores; OSB (FIG. 21 C) – painel tipo estrutural produzido por fragmentos retangulares (IWAKIRI, 2005).

Figura 21 - Painéis de partículas de madeira



Fonte: Nascimento *et al.*, 2015.

A - Painel aglomerado

B - Painel Waferboard

C - Painel OSB

### 2.2.1 Paineis de aglomerado e MDP

Nos primeiros registros de painéis de partículas empregava-se a denominação *artificial board*. A patente concedida à empresa Pfahl 1936/1937 especificava um painel de aglomerado com uma ou três camadas feitas de aparas de madeira finas, planas e em formato prismático, ou com pequenos gravetos de madeira maciça. O objetivo era fabricar um painel com baixo teor de aglutinante, produzindo chapas leves e rígidas (KOLLMANN *et al.*, 1975).

Bernardi (2006) situa o início da produção de aglomerados em 1905 nos EUA e apresenta um cronograma com principais acontecimentos na esfera mundial (QUADRO 5). Cita o artigo publicado na revista intitulada “A Valorização dos Restos de Madeira”, editada em 1887, como uma das primeiras sugestões para a fabricação de madeira artificial, empregando, além dos resíduos de madeira, cola de albumina de sangue, calor e pressão.

A primeira planta piloto para produzir aglomerado foi instalada nos Estados Unidos em 1905. A partir desta data, as experiências foram se desenvolvendo de tal maneira que grandes empresas fabricantes de máquinas e equipamentos se voltaram para a fabricação de máquinas para a indústria de madeira aglomerada, com isso, surgiram grandes unidades fabris junto a centros industriais e comerciais do

mundo todo, voltadas para a fabricação de chapas de madeira aglomerada (BERNARDI, 2006, p.7).

Atualmente, o painel de partículas mais comum é produzido e comercializado como MDP, considerado um painel de aglomerado produzido com características melhores do que o aglomerado tradicional. Descrito como um painel cujas partículas que são "posicionadas de forma diferenciada, com as maiores dispostas no centro e as mais finas nas superfícies externas, formando três camadas" (IBÁ, 2002, p. 102). A partir da metade da década de 1990, empresas brasileiras também investiram nesta modernização tecnológica, atribuindo melhores características de resistência e trazendo a nomenclatura de MDP para dissociar o novo produto do aglomerado tradicional (MATTOS *et al*, 2008).

Quadro 5 - Histórico produção chapas de aglomerado

Ano	Acontecimento
1905	Fábrica piloto instalada nos EUA, sistema Flakeboard, por Watson
1918	Transformação de serragem em chapas, por Beckman
1926	Transformação de serragem em chapas, por Freudenberg.
1933	Instalada nos EUA a primeira fábrica a produzir chapas de 32 mm
1935	Registrada a primeira patente de chapas multiplacadas, por Neumayer
1936	Registrada a primeira patente com referência a chapas produzidas a partir de lascas e aglomerantes, em nome de A. Pfohl.
1938	Instalada nos EUA uma fábrica no sistema Pfohl. Na Alemanha iniciava-se a produção de madeira aglomerada fenólica
1941	A Alemanha produziu as primeiras chapas, com base industrial, empregando serragem e sobras de indústrias de compensado.
1943	Primeira produção industrial europeia seguindo o método de placas de três camadas, desenvolvido pelo suíço Fahrni (pai) e o alemão Himmelheber Fahrni (filho)
1947	Fim da segunda guerra mundial. Estagnação das indústrias em dificuldade de aglomerante e matéria prima
1949	Reativação da produção industrial em virtude do desenvolvimento de resinas sintéticas e do desenvolvimento de maquinários específicos para beneficiamento da madeira e para as indústrias.
1952	Alemanha iniciou produção de chapas para setor de mobiliário.
1958	Aumento da produção mundial
1965	Instalada a primeira fábrica de madeira aglomerada no Brasil, no Paraná.
2002	Criada a primeira norma técnica brasileira de madeira aglomerada NBR 14.810

Fonte: Bernardi, 2006.

No Brasil, a matéria prima mais usada para a execução das chapas é proveniente de florestas plantadas de eucalipto e pinus. A preparação das mudas é a primeira etapa

da produção. O trabalho no viveiro engloba uso de híbridos melhorados geneticamente, controle de pragas, doenças e fertilidade. A qualidade do produto (FIG.22) depende da produção florestal, da tecnologia do processo industrial e demais produtos empregados como aditivos.

Figura 22 - Produção Florestal e Industrial painéis MDP



Fonte: Galdiano, 2006.

A fabricação possui as seguintes etapas (FIG. 23): geração de partículas, secagem, classificação, aplicação de adesivos e aditivos químicos, formação do painel (nesta etapa o painel é chamado de colchão), prensagem a quente, cortes, resfriamento, acondicionamento, acabamento, classificação, embalagem e armazenamento. (DURATEX, 2015).

Figura 23 - Processo de produção de MDP



Fonte: Duratex, 2015.

Na etapa de geração de partículas, dois aspectos são fundamentais para a qualidade final do produto. O primeiro refere-se ao teor de umidade da madeira, que deve ficar em torno de 35 a 50%. O segundo refere-se à remoção das cascas, pois a presença desta parte da árvore influencia negativamente nas propriedades das chapas produzidas. A dimensão e o formato das partículas (comprimento, largura e espessura) relacionam-se com as propriedades mecânicas e dimensionais das chapas, com o acabamento superficial e das bordas dos painéis, com aplicação de materiais de acabamento externo e com a usinabilidade (IWAKIRI, 2005).

Após a preparação inicial de geração de partículas inicia-se o processo de secagem, visando deixar o material com teor de umidade de 2 a 4%. A próxima etapa é a classificação dos fragmentos com peneiras vibratórias ou sistema pneumático (MALONEY, 1977).

A aplicação de adesivos pode ser combinada com os demais aditivos, tais como parafina, para controle de umidade, fungicidas e retardantes de fogo. Os produtos são aplicados por rolos ou por sistema automatizado. A próxima etapa é a formação do colchão na estação formadora. Logo após, o material segue para a pré-prensagem e prensagem a quente. O objetivo da prensagem a quente é promover a cura da resina, a densificação e obtenção das espessuras adequadas. Estes processos preparam o

painel para receber o acabamento, fase que envolve o resfriamento, esquadreamento, lixamento e aplicação de revestimentos (IWAKIRI, 2005).

A Revista Remade (2006) enfatiza as seguintes características positivas dos painéis de MDP :

- A alta densidade das camadas superficiais favorece o acabamento em processos de impressão, pintura e aplicação de revestimentos.
- Propriedades mecânicas elevadas, boa performance em relação a remoção de parafusos, menor absorção de umidade e boa resistência à empenamentos.
- Emprego de resinas sintéticas de última geração.
- Uso sustentável de madeiras de reflorestamento.

A redução dos efeitos de anisotropia é destacada como uma das principais vantagens do produto (BODIG, JAYNE, 1982; TOMASELLI, 2000; IWAKIRI, 2005).

### 2.2.2 Classificação dos Painéis de MDP

A publicação da IBÁ (2021) apresenta a classificação, conforme estabelece a ABNT NBR 14810: 2018 – painéis de partículas de média densidade (Quadro 6):

Quadro 6 - Classificação Painéis MDP

<b>Classificação</b>	<b>Aplicação /Uso</b>
<b>P2</b>	Painéis para uso interno e condição seca
<b>P3</b>	Painéis não estruturais para uso em condição úmida
<b>P4</b>	Painéis estruturais para uso em condições secas
<b>P5</b>	Painéis estruturais para uso em condições úmidas
<b>P6</b>	Painéis estruturais para uso em condições severas de carga em condições secas
<b>P7</b>	Painéis estruturais para uso em condições severas de carga em condições secas

Fonte: IBÁ, 2021

### 2.2.3 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de partículas

Os principais fatores que podem interferir nas propriedades dos painéis referem-se aos materiais e à tecnologia empregados no processo de fabricação. No caso dos



materiais a uniformidade da espécie de madeira é elemento primordial, bem como a qualidade adequada. O tipo mais indicado deve possuir massa específica até  $0,550\text{g/cm}^3$ . O teor de umidade da madeira tem influência direta na etapa de produção de partículas, na cura da resina, no tempo de prensagem, na consolidação do colchão, interferindo inclusive no desgaste das máquinas (MALONEY, 1997; IWAKIRI, 2005).

A geometria das partículas relaciona-se com as propriedades de resistência, rigidez e flexão, absorção de líquidos, inchamentos e resistência ao arranque de parafusos. Implica ainda em duas situações específicas: uma relacionada à área de contato entre as partículas e outra em relação à disponibilidade de resina por unidade de área de partícula. A produção de chapas com a mesma densidade e quantidade de resina, empregando a mesma matéria-prima, porém, com diferença na dimensão de partículas produz painéis com características distintas:

1. Comprimento das partículas constante: nessa situação, o aumento da espessura das partículas resulta em menor razão de esbeltez (relação entre comprimento e espessura), menor área superficial específica das partículas e, por conseguinte, resultará no aumento da ligação interna do painel.
2. Espessura das partículas constante: para essa situação, o aumento no comprimento das partículas, resulta em um aumento da razão de esbeltez e, conseqüentemente, as propriedades de flexão estática serão superiores (IWAKIRI, 2005, p. 136).

Os painéis de MDP podem ser contaminados por fungos e cupins durante o uso ou armazenamento. As espécies *Cryptotermes brevis* (térmitas de madeira seca), *Nasutitermes corniger* (de solo ou arborícolas), a *Cryptotermes gestroi* e o *C. formosus* (subterrâneos) são as mais estudadas por degradação ao MDP (GONÇALVES *et al.*, 2020).

Sabe-se que, apesar dos aditivos empregados na fabricação aumentarem a resistência dos painéis, estes ainda são suscetíveis a organismos potencialmente causadores de deterioração de produtos lignocelulósicos. As condições ambientais inadequadas podem favorecer esta contaminação. Tal qual a madeira, os materiais compósitos estão sujeitos a ataques de organismos xilófagos.

A empresa Duratex apresenta os parâmetros da sua produção baseados na NBR 14810 – 2: 2013 indicadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Propriedades físico mecânicas e higroscópicas - Aglomerado Madeplan Duratex

Variáveis	Conceituação	Unidade	Valores em espessuras (mm)					
			10	12	15	18	25	28
Resistência à tração perpendicular (mínima)	É a resistência que um corpo de prova oferece quando submetido a forças de tração de sentido contrário, aplicadas perpendicularmente às suas superfícies.	N/mm <sup>2</sup>	0,40		0,35		0,30	0,25
Resistência à flexão estática (mínima)	a resistência que um corpo de prova, apoiado em suas extremidades, oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro, até a ruptura.	N/mm <sup>2</sup>	11		11		10,5	9,5
Inchamento (máximo)	É o incremento de espessura que um corpo de prova apresenta após imersão em água a 20°C +/- 1°C, durante 24 horas, por +/- 36 minutos.	%	18		15			
Densidade (mínima)	É o quociente da relação entre massa e volume de um corpo de prova.	Kg/m <sup>3</sup>	615	595	575		565	555
Resistência à tração superficial (mínima)	É a resistência que um corpo de prova oferece quando submetido a uma força de tração aplicada perpendicularmente ao plano da face, para promover o arranque de determinada área da camada superficial	N/mm <sup>2</sup>	1					
Teor de umidade	É a quantidade de água de um corpo de prova que é eliminada por secagem à temperatura de 103°C +/- 2°C, até atingir massa constante	%	5 a 13					

Fonte: Duratex, 2015.

### 2.3 Painéis de Fibras

A configuração física do elemento da madeira é a principal diferença entre o painel de fibra e o de partícula. Ao utilizar as fibras, explora-se com mais intensidade a força inerente da matéria prima, visto que a madeira é um material fibroso por natureza (STARK, *et al.*, 2010). Os painéis de fibra são classificados em função da densidade (QUADRO 8).

Quadro 8 - Densidade dos painéis de fibra

	Tipo	Densidade g/cm <sup>3</sup>
Não prensados	Painéis isolantes semirrígidos.	0,02 a 0,15
	Painéis isolantes rígidos.	0,15 a 0,40
Prensados	MDF	0,50 a 0,80
	Painéis de fibras duras	0,80 a 1,20
	Painéis de alta densificação	1,20 a 1,45

Fonte: Iwakiri (2005).

Os diversos tipos de painéis de fibra também são denominados de painéis de madeira reconstituída, em função do modo de fabricação demandar um "processamento químico da madeira, que passa por diferentes processos de desagregação" (MATTOS, p. 123, 2008).

O atual estágio da indústria de painéis de fibras é consequência de processos antigos de obtenção de polpas de madeira e desenvolvimento de maquinários específicos.

To make fibers for composites, bonds between the wood fibers must be broken. Attrition milling, or refining, is the easiest way to accomplish this. During refining, material is fed between two disks with radial grooves. As the material is forced through the preset gap between the disks, it is sheared, cut, and abraded into fibers and fiber bundles. Refiners are available with single- or double-rotating disks, as well as steam-pressurized and unpressurized configurations (STARK et al., 2011, p. 12)<sup>12</sup>.

Os chineses foram os pioneiros na obtenção de fibras a partir de resíduos de madeira. O Quadro 9 apresenta, cronologicamente, etapas importantes para o desenvolvimento da indústria de painéis de fibras de madeira.

---

<sup>12</sup> Para fazer fibras para os compósitos as ligações entre a madeira e as fibras devem ser quebradas. A moagem por atrito, ou refino é o processo mais fácil. Durante o refino o material é mantido entre dois discos com ranhuras radiais. O material é cisalhado, cortado e desgastado em fibras e feixes de fibras pelo movimento dos discos, em intervalos pré-definidos. Os refinadores estão disponíveis em discos com rotação simples ou dupla. O processo pode ser pressurizado a vapor ou não pressurizado.

Quadro 9 - Desenvolvimento da indústria de painéis de fibra

Período	Processo	Referência
105 d.C	Os chineses desenvolveram o primeiro papel de madeira a partir da transformação da casca da amoreira em polpa adicionando água, e secando-a para transformar em uma folha plana de fibra.	MALONEY, 1977.
Séc. VI AC	No Japão fabricava-se chapas de "papel duro" para divisórias em pequenas habitações.	KOLLMANN <i>et al</i> , 1975
1772	Inglaterra patenteou o <i>papier mache</i> empregado em divisórias, portas, móveis e carruagens.	KOLLMANN <i>et al</i> , 1975
1799	A França desenvolveu máquina para de produção de papel em folha contínua	MALONEY, 1977.
1844	A Alemanha desenvolveu máquina para triturar e produzir fibras de madeira	MALONEY, 1977.
1851	A Inglaterra desenvolveu sistema de produção de fibras por processo químico	MALONEY, 1977.
1858	Lyman obteve nos EUA a patente dos painéis de fibras	MALONEY, 1977.
1866	Feury (EUA) desenvolveu a patente para fabricação de painéis isolantes pelo processo úmido.	IWAKIRI, 2005.
1926	A empresa Masonite Co. foi fundada em Laurell, Mississipe, EUA.	KOLLMANN <i>et al</i> , 1975
1931	Invenção do <i>Asplund</i> (Suécia), máquina para desfibrar lascas de madeira sobre pressão e vapor (170 a 175 °C).	KOLLMANN <i>et al</i> , 1975.
1950	Primeira fábrica a empregar o processo seco de produção: Deposit (EUA)	IRLE, BARBU, 2010.
Década de 60	Primeira chapa de MDF produzida em Deposit, Nova York; o nome de MDF apareceu após 1967.	MALONEY, 1977.

Fonte: A autora, 2021.

No Brasil as primeiras indústrias de chapa dura e isolantes são da década de 50. O MDF apareceu a partir de 1998 em São Paulo, posteriormente, no estado do Paraná (IWAKIRI, 2005).

O desfibramento da madeira caracteriza o início do processo de produção. O método termomecânico é o mais usual, compreendendo um tratamento inicial com calor antes da ação mecânica. Nesta etapa as fibras da madeira são preparadas para composição das chapas.

Podem ser empregados métodos de impregnação com água, aquecimento a vapor com ou sem a conjunção de um cozimento químico suave. Estes tratamentos amolecem a madeira, e a polpa produzida adquire as seguintes propriedades: fibras mais flexíveis, melhor propriedade de feltragem produzindo uma chapa mais resistente (IWAKIRI, 2002, p. 181).

Após esta fase os processos diferem, seguindo o sistema úmido, semisseco e seco. A diferença básica entre o método semisseco e o úmido acontece após o desfibramento dos cavacos e produção da polpa (KOLLMANN *et al.*, 1975).

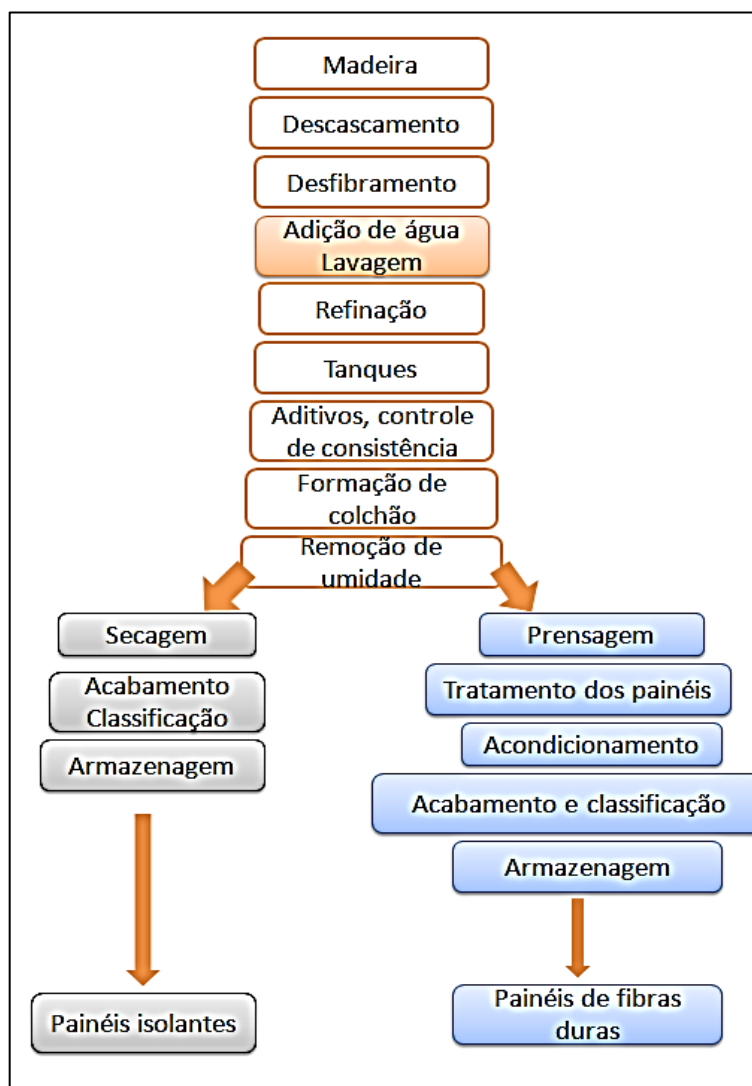
O processo úmido (FIG. 24) é usado na produção de painéis rígidos de alta densidade e isolantes (STARK *et al.*, 2011). Segundo Irle e Barbu (2010) o processo úmido produz grande quantidade de poluentes e o descarte da água empregada demanda tratamentos. O processo semisseco, desenvolvido na década de 1950 originou o método totalmente seco.

O processo seco é aplicável a placas de alta densidade (chapa dura) e densidade média (MDF). O início do processo seco é similar ao úmido (FIG. 25). A madeira é transformada em cavacos e segue para o desfibrilador. Após, inicia-se um procedimento de secagem onde a polpa perde quase totalmente a umidade, cujo índice fica entre 0 a 4%. Em seguida adicionam-se as fibras que são aglutinadas com resinas, prensadas para formação do colchão. Depois executa-se a prensagem com temperatura a 200°C (KOLLMANN *et al.*, 1975).

A produção dos painéis isolantes abrange a etapa de preparação das fibras, formação do colchão, secagem e acabamento. Como não inclui a prensagem, a chapa apresenta as duas faces com textura de tela. A etapa de prensagem diferencia a produção de painéis de chapa dura (IWAKIRI, 2005).

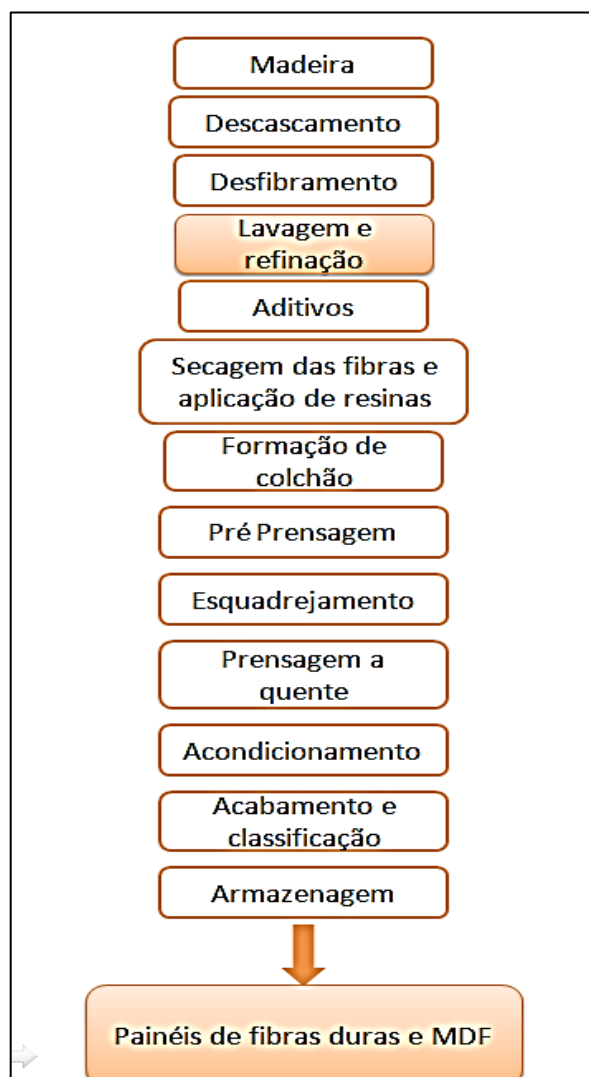
Dentre as tipologias de painéis de fibras, os nomeados chapa dura e MDF são de interesse especial nesta investigação, devido ao estudo de obras executadas sobre este suporte específico.

Figura 24 - Produção painéis de fibra pelo processo úmido.



Fonte: Adaptado de Kollmann, 1975.

Figura 25 - Produção painéis de fibra pelo processo seco



Fonte: Adaptado de Kollmann, 1975.

### 2.3.1 Painéis de Chapa Dura

Os painéis de chapa dura (*Hardboard* em inglês) são painéis produzidos a partir das fibras de madeira prensadas por meio de calor e pressão, utilizando a própria lignina como aglutinante (MATTOS *et al.*, 2008). O termo chapa dura refere-se à alta densidade obtida na produção, na faixa de 0,80 a 1,20g/cm<sup>3</sup>. Esta característica proporciona um painel com espessura reduzida (de 3 a 9 mm), com características rígidas, amplamente utilizado na construção civil, arquitetura, indústria de mobiliário, entre outras aplicações (IWAKIRI, 2005). A ativação da lignina ocorre devido a aplicação de calor, pressão e água no processo úmido. O conteúdo de umidade das

fibras no momento da sua formação é superior a 20% e a temperatura atinge a 180°C, ativando dessa maneira as propriedades da lignina, que se torna semilíquida, participando ativamente do processo de aglutinação das fibras (AITIM, 2008).

Maloney (1977) define os *hardboards* como um material compósito fabricado, principalmente, a partir das fibras lignocelulósicas, consolidadas sobre calor e pressão, sendo que outros materiais podem ser adicionados durante o processo de fabricação para melhorar certas propriedades, como resistência à abrasão e à umidade. Resinas a exemplo da fenol-formaldeído são acrescentadas para este fim, na proporção de 1 a 2% em relação ao peso do painel. As ligações de hidrogênio são iniciadas na etapa de prensagem a quente, à medida que o componente termoplástico da lignina flui, permitindo assim, o contato íntimo entre as fibras. A adição de adesivo fenol-formaldeído melhora a rigidez e resistência à umidade (KAMKE; HAMZA, 2001).

A fabricação dos painéis de chapas duras por processo úmido é similar a manufatura do papel e gera no final do processo grande quantidade de água poluída. Fato que obriga as indústrias a pensarem na sustentabilidade do processo, e organizarem condições apropriadas de descarte e reaproveitamento de água (MATTOS *et al.*, 2008; THOEMEN *et al.*, 2010).

No processo de fabricação por via úmida, após a prensagem, os painéis são submetidos a tratamentos visando a melhoria de suas propriedades. Iwakiri (2005) aponta os seguintes tipos de tratamentos:

- Tratamento térmico: executado com a finalidade de melhorar as propriedades de flexão estática, porém, reduz a resistência ao impacto. As chapas são submetidas ao calor, por tempo determinado, em câmara tipo estufa com controle de circulação de ar e temperatura, que pode chegar até 180°C. Os painéis de 3,2 mm de espessura aumentam em 25% o módulo de ruptura, devido às mudanças físico-químicas impostas no processo, como a diferenciação e fluxo de lignina e o aumento do encadeamento cruzado presentes na madeira. “A exposição prolongada das chapas à alta temperatura, pode acarretar resultados opostos devido à degradação da madeira” (IWAKIRI, 2005, p. 198).



- Tratamento com óleo quente: procedimento pouco utilizado cuja função é aumentar a resistência mecânica, abrasão e estabilidade dimensional. Este método está em desuso devido aos problemas de poluição do ar, pois utiliza óleos, tipo linhaça, soja, mistura de ácidos resinosos e graxos obtidos da polpa de pinus ou resinas alquídicas em altas temperaturas. A aplicação destas substâncias pode ser por imersão das chapas, pulverização ou escovamento das superfícies. Após a aplicação, os painéis são submetidos ao aquecimento em câmaras de temperaturas, entre 160 e 170°C, por 6 a 9 horas para o endurecimento do óleo e reação das fibras.
- Umidificação e aquecimento: visa estabilizar a umidade dos painéis na faixa de 5 a 8%, considerada nível de equilíbrio. Para tanto, os painéis são mantidos em câmaras com temperatura entre 40 e 45°C e UR entre 80 e 85% por 5 a 6 horas. Após este processo os painéis são mantidos em ambientes aclimatados com a umidade na faixa de 10 a 12%.

No processo seco, logo após a etapa de resfriamento, os painéis são imersos em água por cerca de uma hora, empilhados por um período de 30 horas para obter o teor de umidade entre 10 e 12%.

A finalização envolve a etapa de esquadreamento seguindo as medidas padrões, aplicação de revestimentos, perfurações e demais especificidades de cada painel (FIG. 26, 27).

Figura 26 - Chapa dura: uma face lisa e outra corrugada



Fonte: Eucatex®, 2020<sup>13</sup>.

---

<sup>13</sup> Disponível em: <<https://www.artemadeiras.com.br/eucatex>>. Acesso em: 10 mar.2020.

Figura 27 - Chapa dura perfurada



Fonte: Eucatex®, 2020.

Painéis chapa dura especiais como as placas isolantes e acústicas são fabricados, principalmente nos EUA, desde 1916 para forros (chapas de baixa densidade) e revestimentos de paredes (chapas de alta densidade), esta última (FIG.28) instalada sob o revestimento de construções de estrutura leve (SHMULSKY, JONES, 2011).

Figura 28 - Placas de chapa duras aplicadas externamente antes do revestimento



Fonte: SHMULSKY, JONES, 2011.

A empresa brasileira Eucatex®, pioneira na produção de chapas duras, utiliza as normas nacionais e internacionais estabelecidas pelas entidades ABNT e *American Hardboard Association* (AHA), que determinam as tolerâncias dimensionais (FIG. 29) as propriedades físico-químicas (FIG. 30) e as propriedades físico-mecânicas (FIG. 31) adequadas para a fabricação das chapas duras. Os testes são realizados em laboratórios da empresa, sob condições específicas, de acordo com a indicação das normas.

Figura 29 - Tolerâncias dimensionais

<b>TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS</b>				
<b>Propriedades</b>	<b>Norma*</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valores da Norma (2,5 mm)</b>	<b>Espessuras (3,0 mm)</b>
Espessura	NORMA INTERNA	mm	2,3 a 2,8	2,9 a 3,9
Largura	AHA A 135.4	mm	± 1,0 mm/ml	
Comprimento	AHA A 135.4	mm	± 1,0 mm/ml	
<p>*Normas de referência: AHA – American Hardboard Association – Basic Hardboard – A 135.4. Os testes foram realizados em laboratórios da Eucatex, sob condições específicas, de acordo com as normas mencionadas. Dessa forma, poderão ocorrer pequenas variações nos testes reproduzidos em outros laboratórios.</p>				
<b>DIMENSÕES</b>				
<b>Largura (mm)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>		<b>Espessuras (mm)</b>	
1.850	2.440, 2.750 e 3.060		2,5	

Fonte: Eucatex ®, 2018.

Figura 30 - Propriedades físico-químicas

Testes	Unidade	Valor Específico	Tolerâncias	Normas*
Aderência (Cut Cross)	mm	-	= 3,2	AHA A 135.5
Resistência ao Arrancamento (Scrape)	kg	Mínimo 6,0	-	AHA A 135.5
Resistência ao Calor	-	LA**	-	AHA A 135.5
Resistência ao Vapor	-	NA**	-	AHA A 135.5
Resistência à Umidade	-	NA**	-	AHA A 135.5
Resistência à Abrasão	litros	= 0,50	Mínimo	AHA A 135.5
Resistência ao Impacto	metros	= 0,61	Mínimo	NORMA INTERNA
Resistência a Agentes Manchadores***	-	- Não sofre ataque dos manchadores "A" a "F" - Ataque superficial de "G" a "L", porém sem prejudicar o seu uso		AHA A 135.5
Brilho	Eucaplac Brilhante: Maior de 50 Eucaplac: De 25 a 50			ASTM D 523
<p>*Normas de referência: AHA – American Hardboard Association, CS – Commercial Stantard; ASTM – American Society for Testing and Materials. Os testes foram realizados em laboratórios da Eucatex, sob condições específicas, de acordo com as normas mencionadas. Dessa forma, poderão ocorrer pequenas variações nos testes reproduzidos em outros laboratórios.</p> <p>**LA – Ligeiramente Afetado; NA – Nenhuma Alteração.</p> <p>***Relação de agentes manchadores:</p>				
A	<b>Óleo mineral</b>	G	<b>Solução de amônia</b>	
B	<b>Café</b>	H	<b>Leite</b>	
C	<b>Tinta de caneta</b>	I	<b>Álcool</b>	
D	<b>Batom</b>	J	<b>Solução de hipoclorito de sódio 5,5%</b>	
E	<b>Solução de ácido cítrico 10%</b>	K	<b>Removedor de esmalte</b>	
F	<b>Coca-Cola ou refrigerante de cola</b>	L	<b>Solução de fostafo de trisódio a 1,0%</b>	

Fonte: Eucatex ®, 2018.

Figura 31- Propriedades Físico -mecânicas e higroscópicas

Informações Técnicas					
PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS E HIGROSCÓPICAS					
Propriedades	Terminologia	Norma*	Unidade	Valores da Norma (2,5 mm)	Espessuras (3,0 mm)
Peso Específico	Relação entre a massa e o volume do corpo avaliado	ABNT 10024	Kg/m <sup>3</sup>	Mínimo 800	
Umidade	Quantidade de água que o corpo avaliado elimina após a secagem à temperatura de 105°C ± 2°C -3 horas	AHA A 135.4/95	%	Mínimo 2 Máximo 9	
Absorção de Água	Teor de umidade do corpo avaliado após imersão em água destilada à temperatura de 20°C ± 1°C, durante 24 horas, por cerca de 15 minutos	AHA A 135.4/95	%	Máximo 35	
Inchamento	Incremento de espessura apresentado no corpo avaliado após imersão em água destilada à temperatura de 20°C ± 1°C, durante 24 horas, por cerca de 15 minutos	AHA A 135.4/95	%	Máximo 25	
Resistência à Flexão	Resistência que o corpo avaliado, apoiado em suas extremidades, oferece quando é aplicada força em seu centro	AHA A 135.4/95	Kfg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 315	
Resistência à Tração Perpendicular	Resistência que o corpo avaliado oferece quando são	AHA A 135.4/95	Kfg/cm <sup>2</sup>	Mínimo 6,2	

Fonte: Eucatex ®, 2018.

### 2.3.2 Masonite: marco inicial da produção industrial dos *hardboards*

A empresa Masonite Co., fundada em 1926 na cidade de Laurell, Mississipi, EUA, foi precursora na fabricação de chapas duras. A denominação “Masonite” é uma derivação do nome do fundador William Horatio Mason (KOLLMAN *et al.*, 1975).

A ideia de aproveitamento de resíduos provenientes de serrarias foi o objetivo inicial que estimulou as pesquisas de Mason. O primeiro produto a ser produzido a partir destes materiais foi o óleo de pinho. Em 1920, Mason construiu uma fábrica experimental de provisões navais, com a produção de terebentina e óleo de pinho extraído dos resíduos das serrarias. O negócio não foi muito lucrativo devido ao declínio da demanda de lojas navais e falta de pinho. Mas, despertou em Mason outros interesses e investigações, principalmente ao observar a capacidade da madeira em modificar sua forma ao ser submetida ao vapor. No início de 1920, o empresário pesquisador concentrou seus experimentos em explodir a madeira com vapor e alta pressão. Em 1924, conseguiu desenvolver um método de produzir as fibras sem a perda da lignina celulósica. A descoberta da produção de Masonite ocorreu de forma inusitada. Acidentalmente, o equipamento do experimento ficou ligado mais tempo do que de costume, provocando um calor e pressão mais forte sobre a polpa, resultando em uma placa fina e rígida. Dessa forma, iniciou-se o processo de produção de um cartão duro e resistente. A *Mason Fiber Company* foi fundada em 1925 e a produção começou em 1926 (FIG. 32, 33). Em 1929 o nome da empresa foi alterado para Masonite Corporation e diversos produtos foram desenvolvidos (FIG. 34): Masonite isolante para telhados, placas de paredes, pisos etc. (LAUREN ROGERS MUSEUM OF ART, 2019).

Figura 32 - William Mason e a prensa Masonite, c. 1939.



Fonte: Lauren Rogers Museum of Art, 2019.

Figura 33 - Fábrica Masonite, Laurel, Mississippi, 1940.



Fonte: Lauren Rogers Museum of Art, 2019.

Figura 34 - Os diversos produtos Masonite

*All are better in*

You can do so much more with Masonite... and you can do it so much better... whether you mean you, or whether it means your architect and builder. For every purpose, for every type of structure in which dignity and grace are so important as durability and sturdiness, Masonite is the first choice of the man with "know-how." Masonite is the Building Board which has set the standard.

Masonite can take punishment without a whimper. It has standing - not only for ready work with ordinary carpenter's tools. It takes any type of decorative finish. It can be bent, curved, grooved or scored. There are three types of Masonite board - Plywood, Tempered Plywood and Tensite - all are made in 120 by 48 sheets. Glance through the picture below. They'll start you thinking - in Masonite!

**MASONITE**  
THE BUILDING BOARD OF 1939-1941

**WINE GARAGE**

**HYGIENIC "TILED" BATHROOM**

**BUILT-IN FURNITURE**

**TOOL SHED**

**STURDY CARRIAGES**

**SHACK BAR**

**BUILT-IN BUNKS**

**SLIDING PARTITIONS**

Keep on asking for MASONITE

Although Australia produces a lot of Masonite in being made, Masonite is made in the United States and is the standard for all other countries. It is made in all sizes and is available in most all countries. Masonite. Keep on asking your nearest dealer.

MANUFACTURED BY MASONITE CORPORATION (AUSTRALIA) LIMITED

Page 24

The Australian Masonite Works - August 16, 1941

Fonte: Internet Archive, 2020.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Disponível em: <<https://ia601802.us.archive.org/3/items/1939-advertisement-for-masonite/1939%20advertisement%20for%20Masonite.png>>. Acesso em: 07 mar. 2020.

Katlan (1994) descreve o desenvolvimento da indústria Masonite a partir do registro de patentes (QUADRO 10).

Quadro 10 - Patentes Masonite

Patente Nº	Data	Descrição
1.586 159	25/03/1926	Processo e aplicação para desintegração de madeira e semelhantes.
1.578 609	30/03/1926	Processo de explosão em baixa temperatura para desintegração de madeira e semelhantes.
1. 655 618	10/01/1928	Aplicação e processo de obtenção de fibras por explosão de material de lignocelulose.
1.663 503	20/03/1928	Processo de fabricação de placa estrutural e isolante a partir de fibra de lignocelulose explodida.
1. 663 505	20/03/1928	Processo de painéis de fibra dura.
1.767 539	24/ 06/1930	Processo para fazer painel de composição e aparatos semelhantes.
1.812 969	07/07/1931	Processo de placa isolante integral com superfícies duras soldadas. Cedente Masonite Corp.
1.812 970	07/07/1931	Processo de fabricação de placas isolantes. Cedente Masonite Corp.
1.824 221	22/09/1931	Processo e aparelho para desintegrar materiais fibrosos.
1.824 777	17/01/1993	Processo de folhas de fibra vegetal.
1. 894 778	17/01/1993	Produção de múltiplas placas de fibra.

Fonte: Katlan,1994.

Em Portugal a placa de *hardboard* recebe o nome de Platex. A primeira fábrica foi inaugurada em 10 de outubro de 1961 em Tomar (MARQUES, 2016).

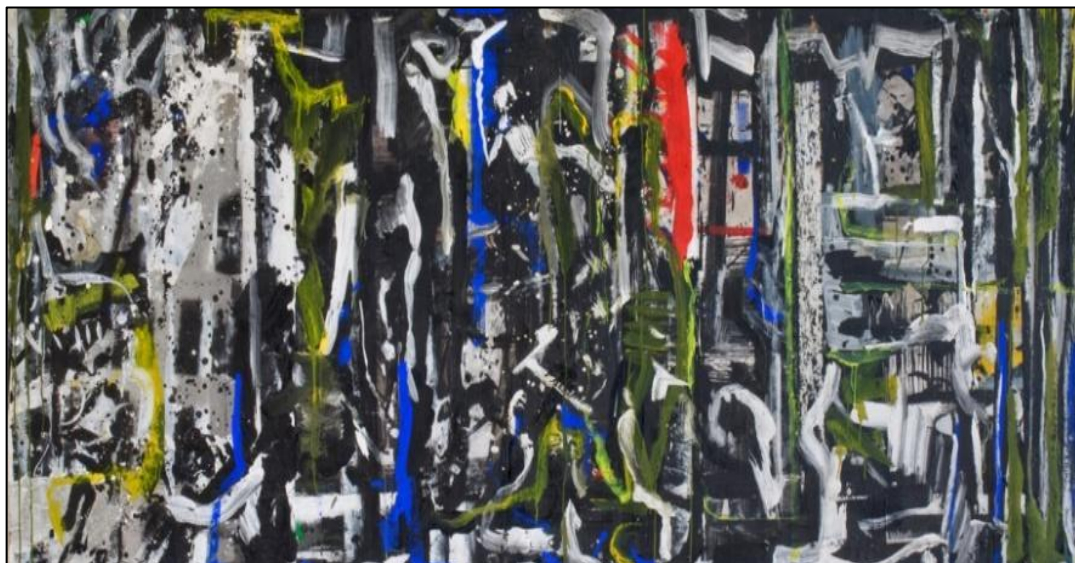
A empresa Investwood, a indústria de fibras de madeira IFM, encontra-se localizada em Valbon, no concelho de Tomar, dedicando-se à produção de placas de fibras de madeira, muitas vezes designadas por *hardboard*. Essas placas são conhecidas em Portugal pela marca Platex, e nos outros países por Valbonite. O Platex é um produto de grande resistência, dureza e durabilidade, possuindo uma excelente superfície para acabamentos em pintura ou impressão (MARQUES, 2016, p. 32) .

Mayer (2006) refere-se às chapas duras como "Duratex (Masonite)" (MAYER, 2006, p. 330).

No Brasil, o material é mais conhecido como Eucatex ou Duratex, tanto no meio comercial quanto no de arte, em função da projeção nacional dos dois fabricantes. A pintura de Amílcar de Castro, "Belo Horizonte à noite", faz parte do acervo do MAP (FIG 35). No inventário consta: "tinta acrílica sobre suporte tipo Eucatex 122,3 x 275 cm." (MAP, 2010, p. 59).



Figura 35 - Obra Belo Horizonte à noite, artista: Amílcar de Castro



Fonte: MAP, 2010.

### 2.3.3 Celotex

O produto Celotex, produzido pela primeira vez nos Estados Unidos também na década de 20, possui as características de painel tipo chapa dura. Fabricado como material isolante e acústico, originalmente foi feito a partir de bagaço de cana-de-açúcar prensado, e, posteriormente, com outros resíduos orgânicos tais como, cascas de amendoim, grama e cânhamo. A placa produzida com diversos acabamentos decorativos (FIG. 36) alcançou o mercado de revestimentos residenciais (DOVER, 2015).

O emprego de amianto nas placas isolantes trouxe problemas para a empresa, pois o produto foi identificado como nocivo à saúde na década de 70, e seu uso proibido (WALSH, 2018). Os principais eventos relacionados à empresa Celotex estão descritos no Quadro 11

Figura 36 - Celotex. *How to Build Beautiful Interiors with Celotex*

Fonte: Celotex Corporation, 1956<sup>15</sup>.

#### Quadro 11 - Principais eventos da empresa Celotex

Data	Eventos
1921	A <i>Celotex Co.</i> foi fundada nos EUA.
1925	A empresa britânica <i>Celotex Company of Great Britain</i> iniciou suas negociações em Londres.
1930	<i>Celotex Co</i> inaugurou uma fábrica no Reino Unido.
1943	Cresceu o uso de produtos de placas de fibras e gesso Celotex na construção civil devido à escassez de material durante a Segunda Guerra Mundial.
1944	R.W.Liazars assumiu o controle da <i>Certain Teed Celotex</i> .
1964	A Celotex foi adquirida por Jim Walter e reincorporada como Celotex Corporation of América.
1970	A <i>Celotex Corporation of América</i> lançou uma placa de teto de espuma de isocianato (um produto que não contém amianto). Neste período o amianto era amplamente utilizado como material isolante em pisos, paredes e forros.
1986	A mina de amianto de propriedade da Celotex foi fechada.
1990	Pedido de falência da <i>Celotex and Carey</i> Canadá em 12 de outubro de 1990.
1996	A empresa <i>Celotex Corporation</i> foi reorganizada em 09 de dezembro de 1996 finalizando o processo em 1997.
1998	Criado o fundo fiduciário de lesões por amianto. Reivindicações contra a Celotex e sua subsidiária de mineração de amianto a Carey Canadá.
2003	A <i>Celotex Asbestos Settlement Trust</i> pagou para a cidade de Nova York por danos materiais com base em mais de 400 reivindicações.
2012	A Celotex continuou suas operações no Reino Unido.

Fonte: InspectAPedia, 2021.

<sup>15</sup> Disponível em: <<https://www.epa.gov>>. Acesso em 03 jun.2019.

### 2.3.4 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de chapa dura

Para a produção dos painéis de chapa dura as espécies que possuem paredes celulares finas, como as coníferas, são as mais indicadas, visto que, as fibras colapsam mais facilmente, contribuindo para ligações mais fortes, tipo pontes de hidrogênio (SHMULSKY, JONES, 2011).

As madeiras de coníferas e de folhosas apresentam diferenças na sua estrutura. As fibras de madeira de folhosas são mais curtas e com parede celular mais espessa. Apresentam maior quantidade de fibras por volume, sendo em torno de 2 a 3 milhões/cm<sup>3</sup>. Nas coníferas, o comprimento dos traqueídeos é maior e a quantidade de fibras por unidade de volume é menor, sendo em torno de 0,6 a 0,8 milhões/cm<sup>3</sup>. De acordo com a literatura, maior comprimento de traqueídeos, nas coníferas, favorece as condições de formação das chapas (IWAKIRI, 2005, p. 172).

Como acontece com os demais painéis, apesar do controle de qualidade e cumprimento das normas de fabricação, as deteriorações são possíveis. Em relação ao contato com umidade, o painel de chapa dura apresenta expansão linear, inchaço da espessura e ainda, dependendo da quantidade de água, formação de bolhas superficiais. Contaminações biológicas também são favorecidas em situações de excesso de umidade (SHMULSKY, JONES, 2011).

O comportamento dos painéis em relação à infestação por agentes biológicos é influenciado pelas condições ambientais ou pela área geográfica onde estão sendo usados. Podem sofrer degradação por fungos de podridão e por insetos xilófagos sociais. Sua constituição evita que seja atacado por insetos xilófagos do ciclo larval, como os vermes de madeira, mariposas etc. (AITM, 2008).

## 2.4 Painéis de MDF

Os painéis de média densidade, conhecidos mundialmente pela sigla MDF, apresentam crescente produção, principalmente, pela grande aplicação do produto no setor moveleiro. A facilidade de trabalhabilidade em relação ao processo de usinagem

e ao acabamento superficial são destaques deste produto (BENADUCE, 1998; IWAKIRI, 2005; VIDAL, HORA, 2014).

Os painéis de MDF caracterizam-se, principalmente, pela uniformidade e dimensão das fibras de madeira. Estas especificidades produzem chapas mais homogêneas e isotrópicas. A partir dos anos 90, a produção e consumo apresentou um enorme crescimento em todo o mundo (IRLE, BARBU, 2010; IWAKIRI, 2005).

Irle e Barbu (2010) definem o produto como um painel de madeira engenheirado composto por fibras lignocelulósicas, combinadas com uma resina sintética e unidas sob calor e pressão para formar painéis.

MDF can be produced from a wide range of lingo-cellulosic fibres including agrofibras and recycled wood. MDF fibres are normally made by using a thermomechanical pulping process (TMP). This process uses the combined action of heat and mechanical energy to break the bonds between the cells that make up wood. Wood cells are joined by a region called the middle lamella, which is rich in lignin. Lignin is an amorphous polymer that can adsorb small quantities of water, and so, its softening temperature is moisture content dependent. The high temperatures (170-195°C) and humidities (60-120%) used in the TMP process therefore cause significant reductions in the strength of the middle lamella region and this increases the likelihood of failure occurring in the middle lamella when mechanical energy is applied during the refining process<sup>16</sup> (IRLE, BARBU, 2010, p. 62).

O desenvolvimento industrial ocorreu como consequência das pesquisas iniciadas a partir da produção dos painéis de chapa dura. Um importante marco foi o desenvolvimento da produção do processo seco. O MDF produzido a seco é geralmente muito mais espesso do que o *hardboard* produzido pelo mesmo sistema.

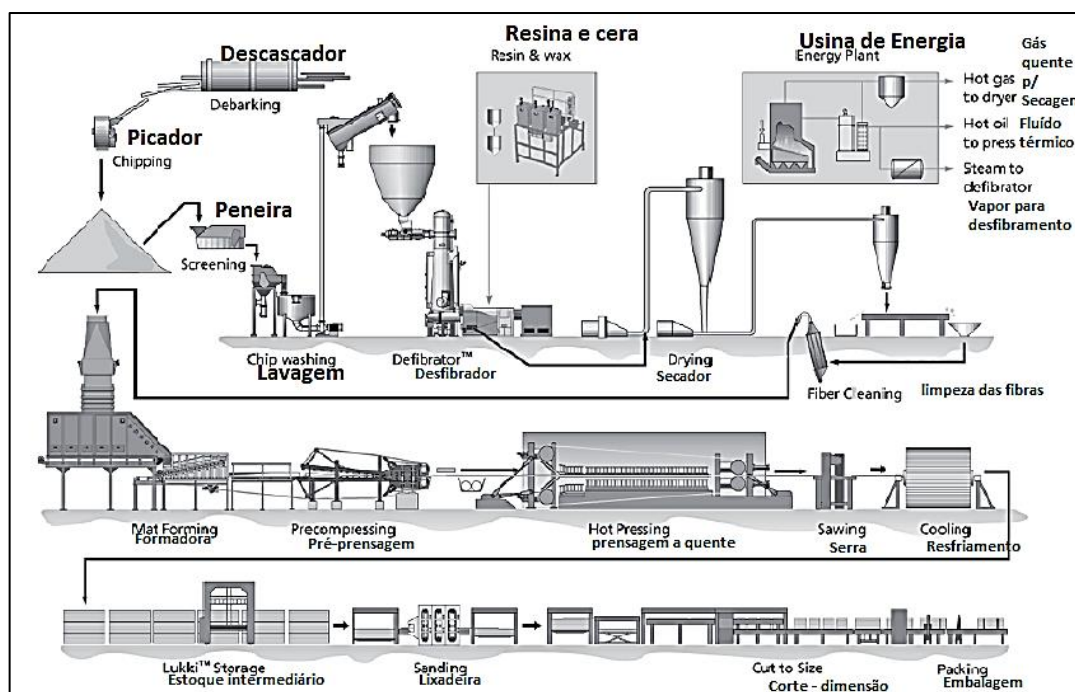
---

<sup>16</sup> O MDF pode ser produzido a partir de uma ampla gama de fibras lignocelulósicas incluindo agrofibras e madeira reciclada. As fibras de MDF são normalmente feitas usando um processo de polpação termomecânica. Esse processo usa a ação combinada de calor e energia mecânica para quebrar as ligações entre as células que compõem a madeira. As células de madeira são unidas em região chamada lamela média, que é rica em lignina. A lignina é um polímero amorfo que pode adsorver pequenas quantidades de água e, portanto, sua temperatura de amolecimento é dependente do teor de umidade. As altas temperaturas (170-195°C) e umidades (60-120%) utilizadas no processo de polpação térmica causam, portanto, reduções significativas na resistência da região da lamela média e isso aumenta a probabilidade de falha ocorrer na lamela média quando a energia mecânica é aplicada durante o processo de refino.

A primeira fábrica de MDF nos EUA foi construída em Deposit, Nova York, em 1965. O produto tinha o nome comercial de *Baraboard* (IRLE, BARBU, 2010; SUCHSLAND, WOODSON, 1987). No Brasil as primeiras indústrias foram fundadas a partir de 1990 (IWAKIRI, 2005).

A produção industrial inicia a transformação das toras em cavacos. Após o este preparo, o processo segue com adição de calor e pressão, gerando uma hidrólise parcial e suave da lignina e hemicelulose. No digestor os cavacos recebem vapor e a temperatura alcança 170° e 180°. As fibras são obtidas no desfibrador e recebem resinas e aditivos. Para a secagem utiliza-se secadores com duto inferior onde escoar ar seco e quente. Estes dutos são também responsáveis pelo transporte das fibras para a etapa de formação do colchão. O material continua a ser prensado com calor e correções de umidade até a fase de acabamento (IRLE, BARBU, 2010, IWAKIRI, 2005). A imagem abaixo (FIG. 37) ilustra o processo.

Figura 37 - Esquema ilustrativo do processo de produção de MDF



Fonte: IRLE, BARBU. 2010.

### 2.4.1 Classificação dos painéis de MDF

A publicação da IBÁ (2021) apresenta a classificação dos painéis de MDF em conformidade com a ABNT NBR 15316-2:2019 - Painéis de fibra de média densidade. Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio. Os painéis de MDF são classificados conforme a densidade, aplicação e condições de uso, conforme demonstra o Quadro 12.

Quadro 12 - Classificação painéis de MDF segundo a densidade

Densidade Kg/m <sup>3</sup>	Espessura (mm)				
	≤ 6,0	≥ 6,0 a 9,0	> 9,0 a 12	> 19 a 30	>30
> 800	HDF	HDF	-	-	-
651 a 800	MDF	MDF	MDF	MDF	MDF
651 a 650	-	Light	Light		
551 a 630	-			Ligth	Ligth
450 a 550	-	-	Ultra light	Ultralight	Ultralight

Fonte: IBA, 2021

Quanto a aplicação e uso a mesma norma indica (IBÁ, 2021):

- HDF – Painéis de alta densidade para uso geral em condições secas.
- HDF. H – Painéis de alta densidade para uso geral em condições úmidas.
- MDF – Painéis não estruturais para condições secas
- MDF. H – Painéis não estruturais para condições úmidas
- MDF. LA – Painéis estruturais (cargas permanentes) para condições secas.
- MDF. HLS – Painéis estruturais (cargas instantâneas ou de curta duração) para uso em condições úmidas.
- L- MDF – Painéis *light* não estruturais para uso em condições secas.
- L- MDF- H – Painéis *light* não estruturais para uso em condições úmidas.
- UL1- MDF – Painéis *ultralights* não estruturais (utilizados como isolantes, com resistências mecânicas limitadas )para uso em condições secas.
- UL2 - MDF - H – Painéis *ultralights* não estruturais (uso geral, com resistência mecânica superior) para uso em condições úmidas.
- MDF-AWH – Painéis utilizados em forros, divisórias e paredes.

#### 2.4.2 Requisitos de qualidade e fatores que interferem nas propriedades dos painéis de MDF

Para a produção industrial atender as demandas de qualificações necessárias impostas pelos órgãos regulamentadores do produto, a matéria-prima de qualidade é requisito primordial. Para tanto, apesar da possibilidade de uso de resíduos lignocelulósicos diversos, emprega-se na atualidade madeira proveniente de florestas plantadas com controle de qualidade. As espécies Pinus e Eucalipto são as mais comuns no Brasil para este fim.

A Duratex ressalta a preferência pelo Eucalipto.

A principal diferença entre os painéis em Eucalipto ou em Pinus estão na morfologia das suas fibras. O primeiro possui uma fibra mais curta e o segundo, uma fibra mais longa. As fibras curtas, presentes no MDF de Eucalipto, proporcionam melhor estabilidade dimensional e também melhor usinabilidade, pois ficam mais agregadas umas às outras pela resina, o que faz com que ocorra menor variação dimensional, maior estabilidade em peças mais longas e melhor acabamento na usinagem das peças (DURATEX, 2014)

Maloney (1989) cita que a massa específica ou densidade está intimamente ligada às propriedades físicas e mecânicas dos painéis. A massa específica dos painéis MDF tem influência positiva sobre os módulos de elasticidade (MOE) e de ruptura (MOR).

A empresa Duratex apresenta as propriedades físico-mecânicas e higroscópicas dos painéis de MDF ( FIG. 38) conforme a NBR 15316-2: 2015.

Apesar do controle de qualidade e cumprimento das normas de produção em consonância com as entidades normativas, influências do meio ambiente e sinistros podem afetar a qualidade dos painéis. Principalmente, quando se trata de umidade e infestação biológica. Como os demais painéis lignocelulósicos, o contato excessivo com água acarreta alterações físicas

Figura 38 - Propriedades Físico-Mecânicas e higroscópicas da produção de MDF

VARIÁVEIS	CONCEITUAÇÃO	UNIDADE	MADEFIBRA											MADEFIBRA ULTRA				
			VALORES, ESPESSURA (mm)											VALORES, ESPESSURA (mm)				
			2,5	3	6	9	12	15	18	20	25	30	35	6	9	15	18	25
Resistência à tração perpendicular (mínima)	É a resistência que um corpo de prova oferece quando submetido a forças de tração de sentido contrário, aplicadas perpendicularmente às suas superfícies	N/mm <sup>2</sup>	0,65			0,60	0,55			0,50	0,70	0,80	0,75					
Resistência à flexão estática (mínima)	É a resistência que um corpo de prova, apoiado em suas extremidades, oferece quando sujeito a uma força aplicada em seu centro, até a ruptura	N/mm <sup>2</sup>	23			22	20	18		17	27		24	22				
Inchamento	É o incremento de espessura que um corpo de prova apresenta após imersão em água a 20°C +/- 1°C, durante 24 h, por +/- 15 minutos	%	50	40	30	17	15	12	10		8	18	12	8	7			
Densidade (mínima)	É o quociente da relação entre massa e volume de um corpo de prova	kg/m <sup>3</sup>	800			651					800	720	680	670				
Módulo de elasticidade (mínima)	Constante física que expressa o nível de rigidez do material, determinado durante regime elástico, no qual não há alteração de suas características originais	N/mm <sup>2</sup>	N/A	2700	2500	2200	2100		1900	2700		2400	2300					
Teor de umidade	É a quantidade de água de um corpo de prova eliminada por secagem à temperatura de 105°C +/- 2°C, até atingir massa constante	%	4 a 11								4 a 11							
Inchamento após ensaio cíclico	Incremento em espessura que um corpo de prova apresenta após ensaio de 21 dias incluindo imersão em água, freezer e estufa	%	N/A								25	19	15	15	15			
Tração perpendicular após ensaio cíclico	É a resistência à tração após ensaio de 21 dias incluindo imersão em água, freezer e estufa	N/mm <sup>2</sup>	N/A								0,35	0,30	0,20	0,20	0,15			

Fonte: Duratex, 2015.

As imagens abaixo demonstram a deformação por umidade em três peças de MDF de 6 mm de espessura medindo 9 x 3,6 cm. Cada peça ficou com 50% do seu comprimento submerso em um recipiente de água. A amostra 1 ficou imersa em água por 3 horas, a amostra 2 por 6 horas e a amostra 3 por 12 horas. A espessura de cada alterou, respectivamente, para 7mm, 9mm e 10mm (FIG. 39,40). Na peça 3 podemos perceber o início de uma fissura longitudinal (FIG. 41). Estas medidas de inchamento foram obtidas após a secagem em ambiente aberto (23°C e 45%UR).



Figura 39 - Amostras de MDF 6mm com deformações



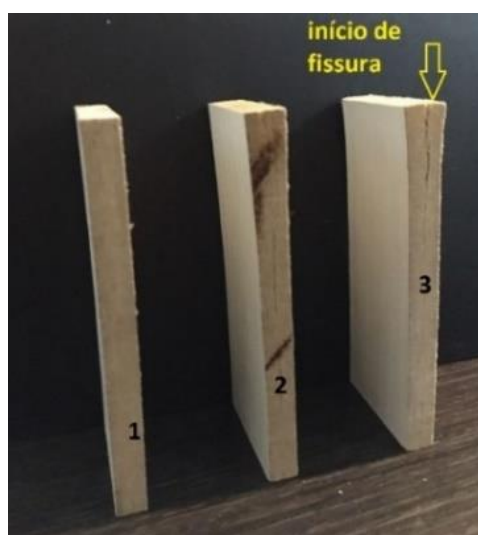
Fonte: a autora, 2022.

Figura 40 - Deformação das amostras



Fonte: a autora, 2022.

Figura 41 - Deformação das amostras



Fonte: a autora, 2022.

A Eucatex (2021) afirma que, o sistema de produção à base de pressão e alta temperatura impede contaminações, porém no meio ambiente de uso os painéis podem sofrer ataques de xilófagos. O cupim normalmente penetra no material pelas bordas, por serem áreas de maior facilidade de acesso ao miolo do painel. O uso de proteção nas bordas protege o material das infestações e umidade.

A Duratex recomenda cuidados específicos para o uso dos painéis de MDF (FIG. 42)

Figura 42 - Recomendações de uso dos painéis de MDF



Fonte: DURATEX®, s.d.

As informações dos fabricantes, mesmo que não direcionadas ao uso como suporte pictórico, são importantes para o conhecimento das características e vulnerabilidades dos painéis.

## 2.5 Painéis industrializados derivados da madeira especiais para pintura

Os PIDM disponíveis no mercado, de uma maneira geral, não têm indicações específicas para o uso como suporte pictórico. O que pode ser encontrado são painéis preparados com fundos específicos para pintura. As investigações sobre esse tópico chegaram ao *French's Artist Board*, patenteado em 29 de junho de 1880, na América

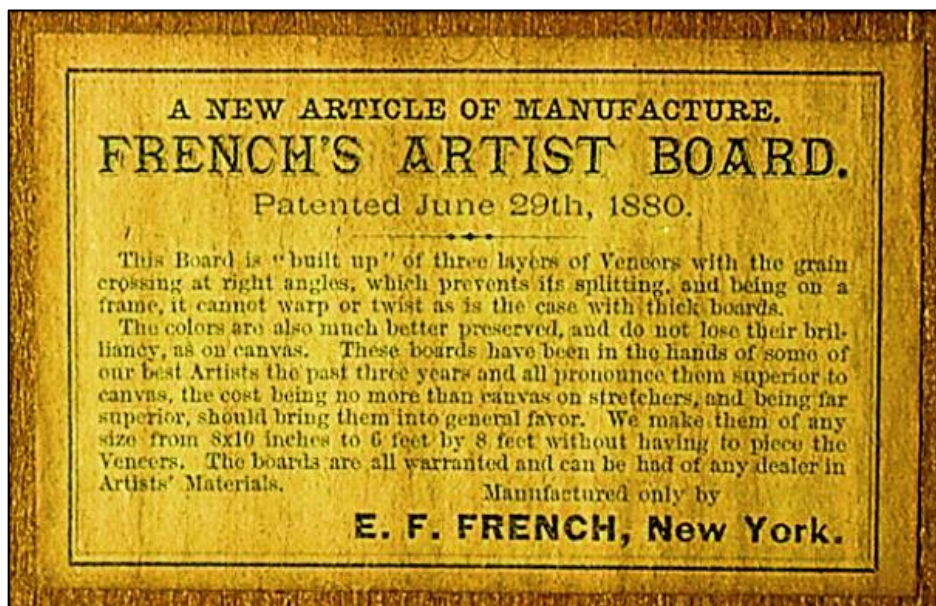
do Norte, por Evelyn F. French. O material consistia em uma chapa de compensado preparada com branco de chumbo em óleo, com superfície lisa ou áspera (STOLS, 2012). Muller (1992) cita outras duas obras executadas com o mesmo suporte pelo pintor e ilustrador de pássaros, E. Gifford (1844-1931). Sobre a patente, o autor afirma que há poucas informações sobre Evelyn F. French.).

A New Article of Manufacture. FRENCH'S ARTIST BOARD. Patented June 29, 1880. This Board is built up of three layers of Veneers with the grain crossing at right angles, which prevents its splitting and being on a frame it cannot warp, or twist as is the case with thick boards. The color is also much better preserved, and do not lose their brilliancy, as on canvas. These boards have been in hands of our best artists the past three years, and all pronounce them superior to canvas, the cost being no more than canvas on stretchers, and being far superior, should bring them into general favor. We make them of any size from 8 x 10 inches to 6 feet by 8 feet without having to piece the Veneers. The boards are all warranted and can be had of any dealer in Artists' Material Manufactured only by E.F. FRENCH, New York. <sup>17</sup>" (STOLS, 2012, p. 184).

Detalhes sobre o material foram obtidos na etiqueta encontrada no verso da obra de George Inness (FIG.43).

---

<sup>17</sup> Novo produto manufaturado. Painel de arte francês. Patentado em 29 de junho de 1880. Este painel foi construído com três camadas de lâminas com o grã cruzado em ângulos retos, o que evita sua divisão e estando em uma moldura não pode deformar ou torcer como é o caso das pranchas espessas. A cor também é muito mais bem preservada, e não perde seu brilho, como na tela. Essas pranchas estiveram nas mãos de nossos melhores artistas nos últimos três anos e todos as consideram superiores à tela, o custo não sendo mais do que tela sobre estrados, e sendo muito superior, deve trazê-las ampla aceitação. Nós os fabricamos em qualquer tamanho de 8 x 10 polegadas a 6 pés por 8 pés sem a necessidade de emendas nas lâminas. As placas são todas garantidas e podem ser adquiridas em qualquer revendedor de Materiais para Artistas. Fabricado apenas por E.F. FRENCH, Nova York. Tradução nossa.

Figura 43 - Etiqueta *French's Artist Board*

Fonte: Stols 2012.

Katlan (1994) aponta duas patentes inglesas de painéis de fibra específicas para emprego no universo artístico, registradas no século XIX. A primeira data de 1861 em nome de J. Clarck e especifica o uso de pasta ou polpa de madeira para produção de painéis específicos para pinturas. Em 1893 a patente de número 10.983, em nome de J. M. Macintosh registra um produto especificando o uso por artistas e outros fins.



Atualmente é produzido o *Medite Clear*, painel em MDF fabricado na dimensão de 1220 x 2440 mm, nas espessuras de 9, 12 e 18 mm, desenvolvido especialmente para uso em ambientes sensíveis como museus, escolas e laboratórios. As chapas também podem ser produzidas com a característica fogo retardante – *Medite FR Clear* (FIG. 44). A empresa irlandesa responsável pelo produto faz parte do grupo *Coillte* e segundo as informações técnicas disponíveis no site<sup>18</sup> não é empregado nenhum formaldeído na fabricação. A empresa explica que o formaldeído é encontrado naturalmente na madeira e nenhum produto derivado é totalmente isento deste composto. Contudo, os testes nos painéis de MDF *Medite Clear* apresentam índice

---

<sup>18</sup> Disponível em: <[mdfosb.com/en/productos/medite-mdf/no-added-formaldehyde-mdf](http://mdfosb.com/en/productos/medite-mdf/no-added-formaldehyde-mdf)>. Acesso em 02 fev. 2019.

equivalente ou inferior à madeira natural. O produto segue as normas europeias (FIG.45). Os painéis são indicados para uso não estrutural, ideal para armários, vitrines e molduras. Os painéis não são resistentes à umidade, portanto, adequado apenas para áreas internas. A empresa tem endereço na Irlanda, Alemanha, Bélgica, França e Países Baixos (MEDITE CLEAR, 2019).

Figura 44 - Painéis MDF Medite Clear e Medite FR Clear

	
<p><b>MEDITE CLEAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No added formaldehyde MDF</li> <li>✓ Perfect for sensitive environments</li> <li>✓ Suitable for LEED and BREEAM projects</li> <li>✓ Smooth surface</li> <li>✓ Consistent quality and thickness</li> <li>✓ FSC® certified</li> <li>✓ CARB2 compliant</li> </ul>	<p><b>MEDITE FR CLEAR</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Flame retardant MDF</li> <li>✓ No added formaldehyde</li> <li>✓ Suitable for LEED and BREEAM projects</li> <li>✓ Smooth surface</li> <li>✓ Consistent quality and thickness</li> <li>✓ FSC® certified</li> <li>✓ CARB2 compliant</li> </ul>

Fonte: MEDITE CLEAR, 2019.

Figura 45 - Especificações Técnicas Painéis MDF Medite Clear

MEDITE CLEAR MDF TECHNICAL SPECIFICATION SHEET					
PROPERTY	STANDARD	UNIT	>6.0 to 9.0mm	>9.0mm to 12.0mm	>12.0mm to 19.0mm
Internal Bond	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	≥ 0.65	≥ 0.60	≥ 0.55
Modulus of Rupture	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	≥ 23	≥ 22	≥ 20
Modulus of Elasticity	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	≥ 2700	≥ 2500	≥ 2200
Screw Holding Face	EN 320	N	-	-	1000
Screw Holding Edge	EN 320	N	-	-	900
Moisture Content	EN 322	%	4 to 11	4 to 11	4 to 11
Thickness Tolerance	EN 324-1	mm	± 0.2mm	± 0.2mm	± 0.2mm
Thickness Swelling (24hrs)	EN 317	%	< 17	< 15	< 12
DIMENSIONAL MOVEMENT	STANDARD	UNIT	>6.0 to 9.0mm	>9.0mm to 12.0mm	>12.0mm to 19.0mm
Length/Width	EN 318	%	0.30	0.30	0.30
Thickness	EN 318	%	4.0	4.0	4.0

The results as listed above are based on the minimum specification requirements for all MEDITE CLEAR (Zero Added Formaldehyde) Grade MDF manufactured by MEDITE EUROPE DAC. All board parameters are in compliance with EN 622 parts 1 & 5. As part of the MEDITE EUROPE DAC ongoing product development programme the right to modify these product specifications without notice is reserved. No formaldehyde is added to the softwood fibres during manufacture of MEDITE CLEAR. Free formaldehyde is less than 1.0mg/100g using EN 120 test method, complying with the lower levels required by CARB phase 2.

Fonte: MEDITE CLEAR, 2019.

A empresa americana *Ampersand Art Supply*<sup>19</sup>, criada em 1994, comercializa painéis específicos para trabalhos artísticos. A técnica consiste em criar uma vedação na superfície dos painéis para estabelecer uma blindagem entre o suporte e a pintura/técnica do artista. A tecnologia é denominada *Archiva-Seal* e aplicada aos painéis da série designada *Museum* são patenteados (FIG. 46). O material empregado como suporte é o *hardboard* sem compostos orgânicos voláteis (COVs), e compensado de bétula com 13 camadas. Os painéis utilizados na Ampersand são fabricados por empresas americanas (o site não indica o fabricante), sem adição de formaldeído. O processo utiliza a própria lignina da madeira para aglutinação das fibras e é resistente à umidade. Os painéis possuem medidas específicas.

Figura 46 - Selo Paineel Ampersand



Fonte: Site Ampersand, 2021.

Os painéis da série *Museum* (FIG. 47) apresentam diferentes especificidades:

- *Clayboard*: indicado para trabalhos com tinta, grafite, guache e têmperas.
- *Gessobord*: indicado para aquarelas, esmaltes, guache e tintas acrílicas.
- *Encausticbord*: indicado para encáustica.
- *Hardbord*: painel sem a aplicação da tecnologia *Archiva-Seal*.

---

<sup>19</sup> Disponível em: <<https://ampersandart.com/art-panels.php>>. Acesso em 03 fev. 2019.

- *Aquabord*: específico para aquarelas.
- *Pastelbord*: para pastel, crayon, carvão.

Figura 47 - Tipos de painéis da Série *Museum*



Fonte: Ampersand (s/d)

Nas visitas técnicas realizadas às empresas Eucatex e Duratex® foi questionado sobre a fabricação de painéis específicos para artistas e acondicionamentos de obras, livres de COVs, por exemplo. O representante da Eucatex respondeu indicando o tipo chapa dura que não emprega adesivos químicos na produção.

A empresa Duratex possui um espaço expositivo chamado Arvorar inaugurado em outubro de 2017 (FIG. 48), concebido com o objetivo de apresentar ao público adulto e infantil uma abordagem criativa sobre a história da madeira. Apresenta o uso da madeira e dos PIDM ao longo da história, inclusive na arte (FIG. 49). Todavia, o tema de preservação e fatores de deterioração dos painéis surpreendeu. A questão acerca da conservação de obras executadas em painéis ainda não tinha sido abordada nas duas instituições.

Figura 48 - Espaço Arvorar .



Fonte: a autora, 2019.

Figura 49 - Interior do Espaço Arvorar



Fonte: a autora, 2019.



### **CAPÍTULO 3 A MADEIRA E SEUS DERIVADOS INDUSTRIALIZADOS COMO SUPORTE PICTÓRICO: INVESTIGAÇÕES NO ÂMBITO DA CONSERVAÇÃO DE BENS CULTURAIS**

Não é possível compreender uma pintura sobre madeira na sua totalidade, sem o devido conhecimento do seu suporte geralmente visto como secundário, porém, detentor de valiosa informação. (SALGUEIRO; CARVALHO, 2009).

A obtenção de superfícies com condições adequadas para suporte pictórico representou um marco para esta tipologia de obra artística. A técnica de pintura foi amplamente conhecida no período da pré-história, aplicada em esculturas, no corpo humano e nas paredes das cavernas, porém, a sua distinção como arte independente despontou a partir do uso de superfícies especiais (JANSON, 2001). Usar a madeira como um destes suportes demandou ao longo da história domínio técnico e conhecimento do material.

Wood has served for centuries as a support for painting, largely because of its strength and availability. Paralleling the long history of wood as a painting substrate in almost equally long history of attempts to control its behavior. An early recognition of the tendency of all woods species to deform under certain conditions has led generations of wood-workers to devise techniques, both varied and ingenious, to control the movement of wooden supports and its consequent damage to the paint layer (DARDES, ROTHE, 1995, p.9).<sup>20</sup>

A percepção de uma obra pictórica é resultante dos efeitos da técnica e da intensão do artista. O suporte integra-se nesta unidade contribuindo para a recepção e interpretação da imagem pelo observador. A integridade física do suporte é de suma relevância para a visualização das mensagens expressas na obra, tanto na forma quanto no significado.

---

<sup>20</sup>Por séculos a madeira tem sido empregada como suporte às obras de pintura, em função da sua resistência e disponibilidade. Paralelamente, a história da madeira como substrato de pintura, temos a história das tentativas em controlar seu comportamento. O reconhecimento da tendência de que todas as espécies de madeira deformam sob certas condições, levou gerações de marceneiros a conceber técnicas variadas e engenhosas para controlar o movimento dos suportes de madeira, e consequentemente, danos à camada pictórica (DARDES; ROTHE, 1995, p.9, tradução nossa).

Whether made from common, locally found materials or from exotic commodities obtained through elaborate trade networks, such creations may reflect the inventive fancy of an individual or the formulaic conventions of a rigidly structured tradition. The function of the painted wooden object ranges from the practical to the profound: it performs utilitarian tasks, it conveys artistic whimsy, it connotes noble aspirations, and it embodies the highest spiritual expressions. Whatever their composition, design, or purpose, however, all painted wooden surfaces share a common problem - they all endure the erosive effects of time, that continuum described by the Roman poet Ovid as a ceaseless "devourer of things." Use, exposure, response to physical change, chemical interactions, neglect, and a host of other damaging factors act as time's relentless agents (DORGE, HOWLETT, 1998, p. viii)<sup>21</sup>.

De fato, o suporte é estrutura de valor representativo da história e materialidade da obra e implica diretamente no estado de conservação das pinturas. Apesar do reconhecimento desta importância, a pesquisadora Britta New (2020) pontua que o valor de uma pintura de painel, na maioria das vezes, é colocado em sua superfície pintada, desconsiderando-se que a durabilidade do suporte leva à preservação da pintura a longo prazo. Pode-se considerar como uma "testemunha muda, oculta pelo significado artístico e estético da camada pictórica. É essencial conhecer profundamente o suporte, saber ler os traços menos visíveis da sua integridade" (SALGUEIRO; CARVALHO, 2009, p. 30).

O conjunto suporte e técnica de pintura aplicada cria a unidade formal, a materialidade da obra. O simbolismo e a percepção deste conjunto unitário podem ser prejudicados visto às deteriorações apresentadas, sendo muitas delas ocasionadas por vulnerabilidades e danos provenientes do suporte. A obra "Duas Figuras" de Gilvan Samico (1928-2013) exemplifica essa questão. Durante a sua permanência em

---

<sup>21</sup> Seja feito de materiais comuns encontrados localmente ou mercadorias exóticas obtidas por meio de elaboradas redes de comércio, essas criações podem refletir a fantasia inventivas de um indivíduo ou as convenções de uma tradição rigidamente estruturada. A função do objeto de madeira pintado varia do prático ao profundo: executa peças utilitárias, transmite extravagâncias artísticas, expressa aspirações nobres, e incorpora as mais elevadas expressões espirituais. Seja qual for sua composição, design, propósito, no entanto, todas as superfícies de madeira pintadas compartilham um problema comum - todas resistem aos efeitos erosivos do tempo, descrito pelo poeta romano Ovídio como um incessante "devorador de coisas" . Uso, exposição, respostas às mudanças físicas, interações químicas, negligências, e uma série de outros fatores danosos agem como agentes implacáveis do tempo. Tradução nossa.

Belo Horizonte, na exposição Movimento Armorial 50 anos, realizada no período de 22 de dezembro de 2021 a 07 de março de 2022 no Centro Cultural Banco do Brasil (CCBB), foi percebido pela equipe do CCBB alterações no estado de conservação da obra. Um parecer técnico do CECOR foi solicitado. Identificou-se um avanço no processo de deterioração, já apontado no laudo técnico de envio da obra. Possivelmente, devido a diferença de UR e T entre o local de origem, cidade de Recife, em Pernambuco, e o local de exposição em Belo Horizonte. As setas nas imagens A e B (FIG. 50 A e 50 B) mostram fissuras paralelas, extensas trincas e rachaduras visíveis a olho nu, acompanhando o sentido das fibras do material do suporte, que se movimentam devido ao processo de sorção e desorção das finas camadas de lâminas da chapa de compensado. A imagem C (FIG. 50 C) mostra abaulamentos e ondulações provenientes de movimentação das lâminas do material do suporte. A deterioração do compensado gerou danos na policromia (SOUZA *et al*, 2022).

Figura 50 - Obra: Duas figuras femininas. Sem Data



Fonte: A autora, 2022.

A - Técnica: Óleo sobre compensado

Dimensões: 79,8 x 55 cm

Moldura: 81,2 x 56,2 (baguete)

B – Detalhe fissuras provenientes do suporte em compensado

C – Detalhe ondulações e fissuras provenientes do suporte em compensado.

Cada tipo de PIDM pode ocasionar diferentes deteriorações na superfície das obras, devido à constituição física diferenciada entre eles.

Neste capítulo, seguindo o método de pesquisa estabelecido, apresentaremos primeiramente madeira como suporte pictórico, inserindo logo após os painéis industrializados.

### 3.1 A Madeira como suporte pictórico

A madeira, apesar de ser considerada um material viscoelástico (MELO, MENEZZI, 2010), é considerada um suporte pictórico rígido, e foi empregada antes dos suportes flexíveis (CHIEFFO, 1976; SALAZAR, 2013).

A escolha e preparo da madeira, a aplicação das técnicas de pintura, normalmente têmpera e óleo<sup>22</sup>, executadas com esmero e habilidade, garantiam a qualidade das obras, muitas delas expostas e admiradas na atualidade em museus. Gombrich (1999) afirma que muitos destes quadros que hoje estão protegidos, emoldurados e intocáveis em paredes de museus e galerias foram pintados por seres “humanos para seres humano”, feitos para serem “tocados, manipulados, eram motivos de barganha, de querela, de preocupação” (GOMBRICH, 1999, p. 32). Acreditamos que a preocupação com a qualidade estava presente em todo o processo de elaboração. Artistas precisavam criar e vender suas obras e essa necessidade imputava em aplicar técnicas eficientes para manter a qualidade.

Uzielli (1998) ao descrever a técnica utilizada na execução de painéis italianos dos séculos XII e XVI cita que a seleção da matéria prima dependia de fatores técnicos, econômicos e práticos. Os procedimentos específicos para planificação, os encaixes para unir as peças ajustando as tábuas ao tamanho e formato da obra, eram realizados por profissionais específicos e escolhidos pelos artistas. A maioria dos suportes pictóricos eram executados em duas ou mais peças, dependendo da

---

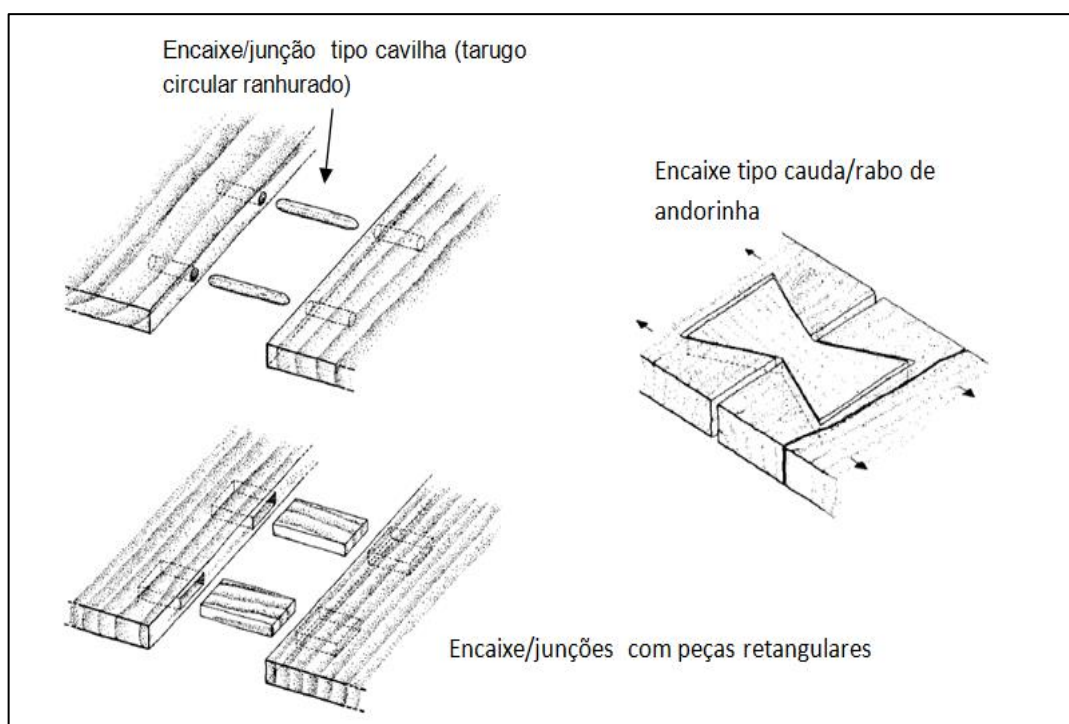
<sup>22</sup> Sobre técnicas de pintura sobre madeira indicamos ROSADO, Alessandra. **História da Arte Técnica**: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo das pinturas sobre tela e madeira. 2011. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação da Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

dimensão da obra. Apesar dos diferentes modelos, pode-se afirmar que as dimensões de tábuas mais empregadas mediam entre 20 e 40 cm.

Identifica-se nas obras de Giotto (1266 -1337), a semelhança de preparo dos suportes de madeira, sugerindo a preferência deste artista por um profissional específico. A qualidade excepcional das bases de madeira encontradas nas obras de Filippo Lippi (1406-1469) e Botticelli (1445-1510) sinalizam o trabalho de mão de obra especializada (UZIELLI, 1998).

A observação do verso da obra contribui para o entendimento da estruturação dos painéis. Quanto maior a obra, mais emendas nas peças de madeira e mais tecnologia construtiva. Para junção e emendas usava-se encaixes específicos, tipo emenda-borboleta ou cauda/rabo de andorinha, cavilhas e encaixes com peças retangulares (FIG.51).

Figura 51- Tipos de Encaixes e Junções



Fonte: Adaptado de Uzielli, 1998

Empregavam-se estas estruturas de união e adesivos, como a caseína ou cola animal, para promover um suporte com mais rigidez, frente às movimentações da madeira. Pregos também eram habilmente utilizados como recurso para conectar as peças de

madeira e montar a estrutura dos painéis, a exemplo da obra Crucifixo, de Giotto (FIG. 52). Os pregos, nesta obra, foram feitos em ferro forjado com as cabeças afiladas, finas e arredondadas, aplicados tanto no verso quanto na frente (FIG. 53) em espaçamentos regulares (UZIELLI, 1998).

Figura 52- Obra: Crucifixo, ca. 1280



Fonte: Wikimedia<sup>23</sup>

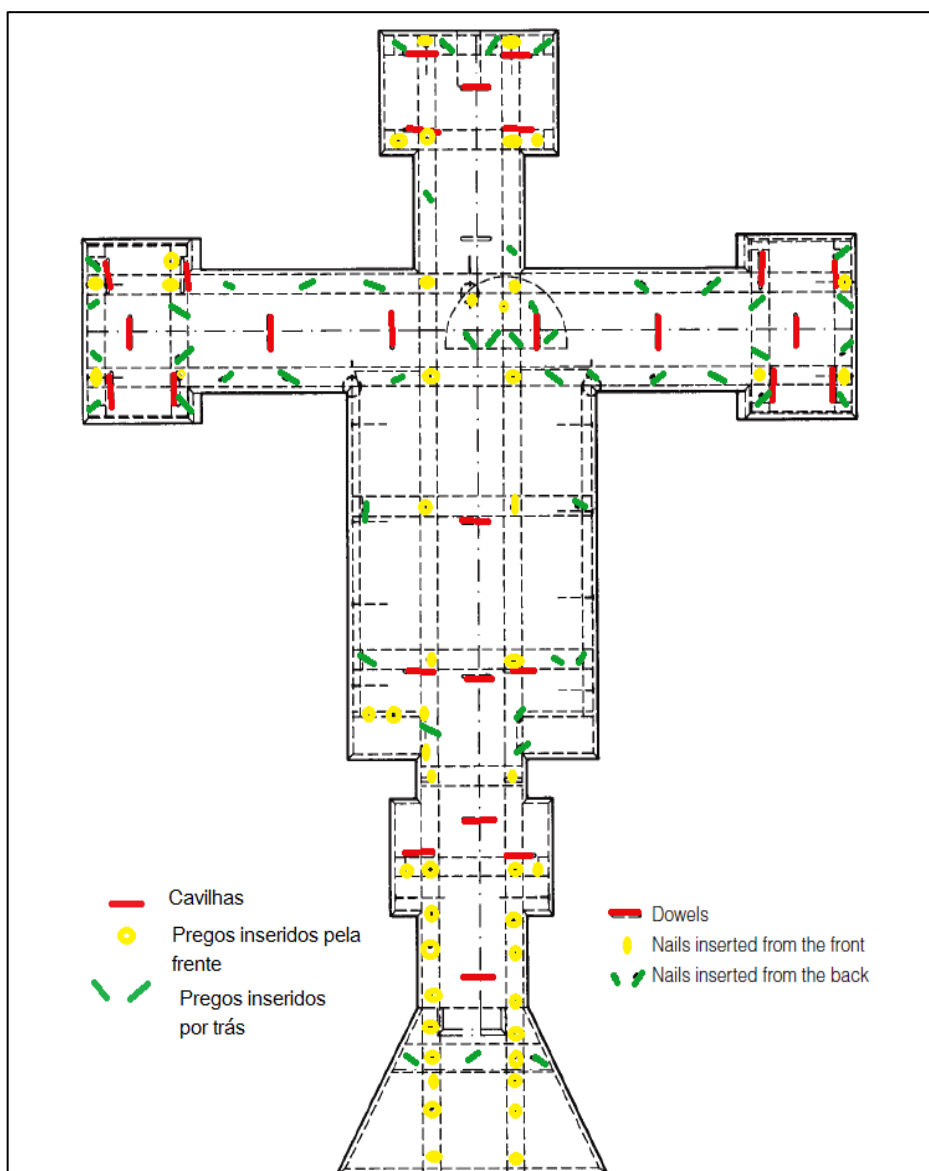
Artista: Giotto di Bondone

Técnica: Têmpera sobre madeira. Dimensão: 578 x 406 cm.

---

<sup>23</sup> Disponível em: < [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giotto\\_di\\_Bondone\\_Kruzifix\\_ca.\\_1280\\_Santa\\_Maria\\_Novella\\_Florenz-1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Giotto_di_Bondone_Kruzifix_ca._1280_Santa_Maria_Novella_Florenz-1.jpg)>. Acesso em: 11 nov. 2019.

Figura 53 - Desenho indicando o posicionamento de cavilhas e pregos na obra Crucifixo



Fonte: Adaptado de Uzielli, 1998.

O estudo da obra *Madonna del Baldacchino* (FIG.54), de Rafael Sanzio (1483-1520), mostra que, originalmente, o painel foi executado em seis tábuas, unidas por encaixes de cauda de andorinha. O desenho esquemático do verso da pintura (FIG. 55) detalha a montagem original e a intervenção ocorrida em 1697, quando peças horizontais foram acrescentadas para propiciar um travamento mais eficiente e amenizar os movimentos de dilatação e retração da madeira (UZIELLI, 1995).

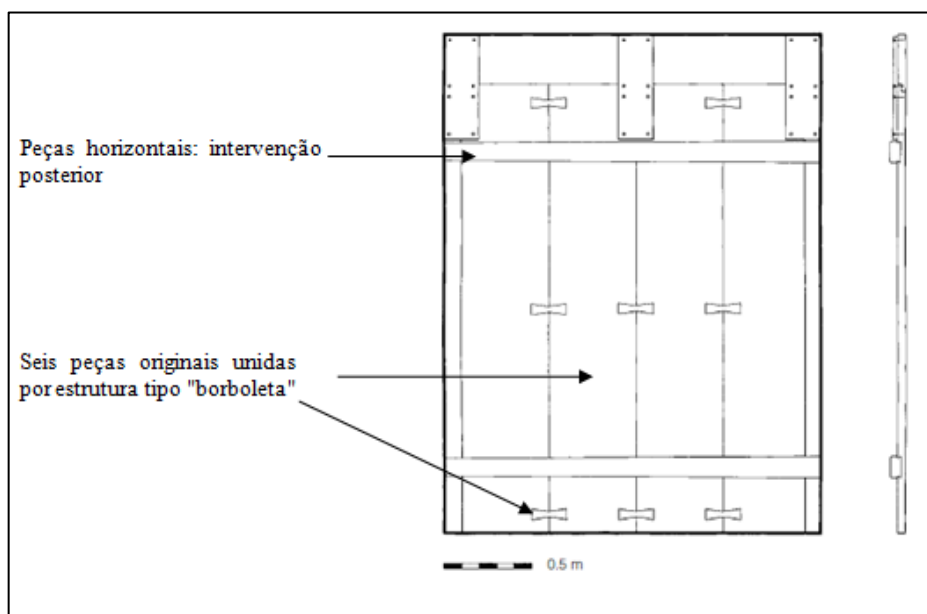
Figura 54 - Obra: *Madonna del Baldacchino*



Fonte: Web Gallery of Art, 1996.

Obra datada de 1508, em madeira, medindo 276 x 224 cm, pertencente à *Galleria Palatina (Palazzo Pitti)*, Florença.

Figura 55 - Verso da obra *Madonna del Baldacchino*



Fonte: Adaptado de Uzielli, 1998.



Mesmo utilizando mão de obra especializada, priorizando a seleção da madeira de boa qualidade, devidamente secas, peças com cortes adequados, as obras podem apresentar problemas no seu estado de conservação em função das variações de T e UR ambientais.

Fluctuations in ambient relative humidity (RH) produce changes in the materials that make up painted wood objects, altering their dimensions and affecting their mechanical properties. The use of wood as a substrate for paint materials presents a particular problem [...] Painted wooden objects are composite structures. They may incorporate varying species of wood, hide glues, gesso composed of glue and gypsum (calcium sulfate) or chalk (calcium carbonate), and different types of paints and resin varnishes. Paint media can include wax, egg tempera, oils, and combinations of these. These materials have differing mechanical properties and varying responses to moisture fluctuations. Painted wood surfaces also vary in complexity. The simplest consist of paint applied directly to wood, but more complex examples, such as early Italian panel paintings in tempera, may have a layer of fabric glued to the wood, a gesso ground to produce a smooth painting surface, paint applied above the gesso, and a clear varnish (MECKLENBURG, TUMOSA, ERHARDT, 1998, p.464)<sup>24</sup>.

No trabalho de restauração da obra *Madona do Pintassilgo* (FIG.56), de autoria de Rafael Sanzio, os principais problemas descritos por Ciatti e Castelli (2011) relacionam-se à falta de nivelamento ao longo das junções das peças de madeira que compõem o suporte, a presença de rachaduras e fissuras. Estas são situações que provocaram danos à camada pictórica (FIG. 57). Exames de raio X e tomografia computadorizada foram utilizados para a realização de diagnóstico e aporte técnico para definição das ações de restauração (CIATTI, CASTELLI, 2011).

---

<sup>24</sup> Flutuações ambientais de umidade relativa (UR) produzem alterações nos materiais que compõem objetos em madeira, alterando sua dimensão e afetando suas propriedades mecânicas. O uso de madeira como substrato para materiais pictóricos apresenta-se como um problema particular [...]. Objetos de madeira pintada são estruturas complexas. Podem incorporar várias espécies de madeira, colas, gesso (sulfato de cálcio), cal (carbonato de cálcio) e diferentes tipos de tintas, resinas e vernizes. As técnicas de pintura podem incluir cera, ovo, têmpera, óleos e combinações. Estes materiais têm diferentes propriedades mecânicas e diferentes respostas às variações de umidade. A pintura na superfície da madeira também varia em complexidade. A técnica mais simples consiste em aplicar a tinta diretamente na madeira, exemplos mais complexos como os primeiros painéis italianos podem ter uma camada de tecido aplicado à madeira, gesso fino para produzir uma camada de pintura lisa, tinta aplicada sobre gesso e verniz claro. Tradução nossa.

Figura 56 - Madona de Pintassilgo, 1506.



Fonte: Ciatti, Castelli, 2011.  
Artista: Rafael Sanzio  
Técnica óleo sobre madeira.  
Dimensão: 107 x 77,2 cm

Figura 57 - Detalhe do processo de restauração



Fonte: Ciatti, Castelli, 2011.

Quer seja em obras de grandes ou pequenas dimensões, as deteriorações do suporte tais como emprego de madeira com secagem inadequada (FIG. 58), dilatação de emendas, deformações (FIG. 59), delaminações, infestação biológica, entre outras, afetam o estado de conservação e são desafios atuais enfrentados pelos profissionais que trabalham na preservação das obras.

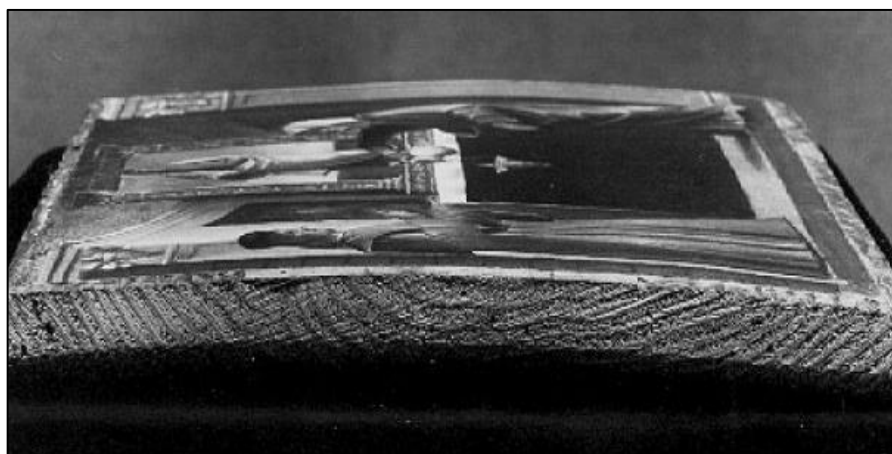
Figura 58 - Obra: Maestà, 1311.



Fonte: Uzielli, 1998.  
Artista: Dulccio.

O espaçamento entre os painéis foi causado por problemas de secagem da madeira após a execução e pintura da obra.

Figura 59 - Detalhe da vista lateral da obra O Milagre da lâmpada de São Bartolomeu, século X.



Fonte: Bergeon *et al.*, 1998.

Obra do século XV, autoria Niccolò Rondinelli, acervo do museu Petit-Palais em Avignon, med 2 x 33 cm. A imagem mostra a deformação do suporte pictórico executado em painel de madeira de corte tangencial aos anéis da árvore.

As encomendas tradicionais das obras de arte eram, comumente, solicitadas por instituições como a igreja ou mecenas. As principais solicitações eram cenas religiosas, educativas, retratos e paisagens. A partir de meados do XIX e início do XX novas representações foram surgindo. Muitos artistas começaram a buscar inspiração em experiências pessoais e temas diversos. Aventurando-se em experimentações, materiais não tradicionais e novas técnicas, com “coragem e persistência de pensar por si mesmos, de examinar convenções, sem temor e em termos críticos, criando assim novas possibilidades e perspectivas na arte” (GOMBRICH, 1999, p. 504).

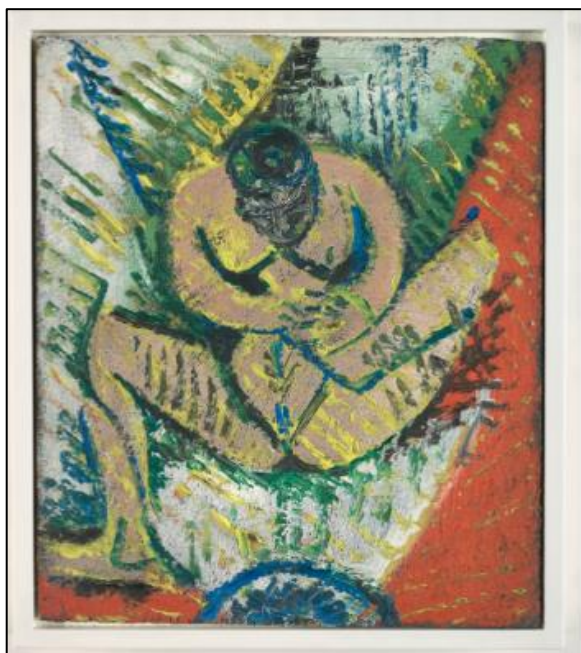
Excluídos do sistema técnico-econômico da produção, em que, no entanto, haviam sido os protagonistas, os artistas tornaram-se intelectuais em estado de eterna tensão com a mesma classe dirigente a que pertenciam como dissidentes. O artista *bohémien* é um burguês que repudia a burguesia, da qual despreza o conformismo, o negociacionismo, a mediocridade cultural. Os rápidos desenvolvimentos do sistema industrial, tanto no plano tecnológico como no econômico social, explicam a mudança contínua e quase ansiosa das tendências artísticas que não querem ficar para trás, das poéticas ou correntes que disputam o sucesso e são permeadas por uma ânsia de reformismo e modernismo (ARGAN, 2006, p. 17).

Exemplificamos essa transição com algumas obras (FIG. 60, 61, 62) de Pablo Picasso<sup>25</sup> (1881-1973), considerado “personagem-símbolo de quase um século de artes visuais, pela falta de preconceitos e a liberdade de uma criatividade que a tudo queima e consome num fogo devorador” (MASINI, 2006, p. 680).

---

<sup>25</sup> Disponível em: <https://www.museepicassoparis.fr/fr/collection-en-ligne#/artwork/160000000000656> . Acesso em 13 mar 2019.

Figura 60 - Nu sentado pequeno, 1907.



Fonte: Museu Picasso.  
Técnica: Óleo sobre madeira. Dimensão: 17,6 x 15 cm.

Figura 61 - Cabeça de Homem (1908)



Fonte: Museu Picasso

Técnica: Guache sobre madeira 27 x 21,3 cm.  
Figura 62 - Conjunto de Páginas , 1951.



Fonte: Museu Picasso  
Técnica: Óleo sobre madeira. Dimensão: 54 x 65 cm.

Picasso, ao longo da sua trajetória como pintor, experimentou diversos materiais a exemplo da tinta industrial Ripolin (FIG.63), escolhida devido às cores brilhantes e capacidade de fornecer um acabamento liso. A obra Poltrona Vermelha (FIG. 64) foi executada com Ripolin e óleo<sup>26</sup> com objetivo de obter ampla gama de efeitos de superfície, como as marcas de pincel nítidas no fundo amarelo, aparência espessa, rosto branco, e os contornos pretos suaves da figura (CASADIO, 2013).

---

<sup>26</sup> Para mais informações sobre técnicas modernas de pintura: GCI. **Modern paints uncovered**; proceedings from the modern paints uncovered symposium / organized by the Getty Conservation Institute, Tate, and the National Gallery of Art, Tate Modern, London: Ed. Thomas J. S. Learner *et al.* 2006.

Figura 63 - Tinta Ripolin



Fonte: Francesca Casadio, 2013.

Figura 64 - A poltrona vermelha (1931)



Fonte: The Art Institute of Chicago, 2008.<sup>27</sup>  
 Técnica: Óleo e Ripolin sobre Painel - Dimensão: 131.1 x 98.7 cm.

A madeira como suporte rígido continua como opção nos tempos atuais, a exemplo da obra *Minha Família* (FIG. 65) da artista Maria Maiolino (1942-).

<sup>27</sup> Disponível em: < <https://www.artic.edu/artworks/5357/the-red-armchair> >. Acesso em 05 abril 2021.

Figura 65 - Obra: Minha Família, 1966 Anna Maria Maiolino



Fonte: Itau Cultural<sup>28</sup>, 2021.  
Técnica: Acrílica sobre madeira  
Dimensão: 84 x 98 cm

Este panorama apresentado sobre obras executadas em madeira e as questões relacionadas à preservação, reforça a importância do estudo e documentação dos materiais e técnicas, tanto pelo artista quanto pelos profissionais de conservação e restauro.

O desenvolvimento das técnicas e da procura levou à organização gremial da produção artística, e simultaneamente ao registro de diversos documentos, em forma de tratados, sobre a preparação de materiais e execução de técnicas, o que constitui uma importantíssima fonte de conhecimento, aplicável à produção artística em si, mas também às intervenções de “restauro”. Compete-nos refletir sobre alguns aspectos gerais que contribuíam para as boas práticas na produção artística e que, devido aos cuidados na preparação dos materiais, podemos considerar como “conservação preventiva”, numa interpretação mais livre. Será de referir que existia um controlo técnico muito rigoroso, desde a preparação dos suportes aos acabamentos; no caso da pintura sobre madeira vemos que esta deveria estar bem seca e livre de imperfeições, como nós, e no verso deveria constar o selo do grémio a que correspondia e do fabricante, como garantia de qualidade; o reverso e as zonas laterais eram pintados, numa tentativa

---

<sup>28</sup> Obra Minha Família. In: ENCICLOPÉDIA Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileira. São Paulo: Itaú Cultural, 2022. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/obra7572/minha-familia>. Acesso em: 30 de maio de 2021. Verbete da Enciclopédia. ISBN: 978-85-7979-060



de impermeabilizar os suportes e evitar deformações, devido ao carácter higroscópico do material lenhoso. A acompanhar o suporte era feita a moldura, da mesma peça de madeira, também impermeabilizada com pintura, de forma a originar uma unidade coerente do ponto de vista estético e conservativo. A concepção da preparação e da camada pictórica era realizada também de forma muito rigorosa, a fim de garantir um bom comportamento e durabilidade (CARVALHO, 2012, p.121).

O corpus teórico desenvolvido ao longo do fazer artístico e da preservação de obras de madeira, possibilitou construir metodologias específicas para os trabalhos de conservação e restauração. Este percurso passa pelos tratados dos séculos XVII e XIX, culminando com o advento da Ciência da Conservação no século XX. Não que o assunto esteja finalizado, pois as publicações, congressos específicos e recentes sobre este tema, demonstram desafios incessantes. Essa construção epistemológica, serve também de base, de forma comparativa, para estabelecer métodos específicos para os PIDM.

### **3.2 A madeira compensada na arte**

O compensado tornou-se um material considerado inovador nas artes plásticas devido às qualidades formais e estéticas. Em 2017, o *Victoria and Albert Museum* realizou o evento *Inside the Plywood: Material of the Modern World exhibition*. A exposição apresentou o compensado nas suas diversas utilizações, enfatizando as características de resistência e aplicabilidade “ esta exposição explorou um material frequentemente esquecido que ajudou a moldar o mundo moderno, revelando como o compensado revolucionou o design nos últimos 150 anos (Victoria and Albert Museum, 2017).

A exposição apresentou de forma grandiosa objetos de design, arte e utilitários em compensado (FIG. 66, 67, 68), mostrando também o uso do compensado na construção de novos aviões no período de 1910 e 1945, em virtude das características de leveza e resistência.

Strong, light, and fast. Plywood became increasingly visible from the 1920s, however, when designers in many different fields began to exploit and celebrate its ability to be shaped into strong, curved forms.

Unlike other industrial materials such as steel or aluminum, plywood did not require large-scale factory production and could be easily molded in small workshops using simple tools. This meant it was often used for experimental forms and shapes. These could then be quickly passed on to other workshops and tested in the designs of various kinds of objects.

Alongside influential experiments by modernist designers and architects, plywood's most significant use in this period was as a material for airplane design. From the 1910s to 1945, plywood's strength and lightness allowed for the construction of radical new planes that revolutionized the nature of flight. (Victoria and Albert Museum, 2017)<sup>29</sup>.

Figura 66 - Exposição *Inside the Plywood: Material of the Modern World* exhibition.



Fonte: Victoria and Albert Museum, 2017.

---

<sup>29</sup> Forte, leve e rápido. O compensado se tornou cada vez mais visível a partir da década de 1920, quando designers de muitos campos diferentes começaram a explorar e celebrar sua capacidade de ser moldado em formas curvas e fortes. Ao contrário de outros materiais industriais, como aço ou alumínio, o compensado não exigia produção em grande escala e podia ser facilmente moldado em pequenas oficinas usando ferramentas simples. Isso significava que era frequentemente usado para formas e formatos experimentais. Estes poderiam então ser rapidamente repassados a outras oficinas e testados nos projetos de vários tipos de objetos. Ao lado de experimentos influentes de designers e arquitetos modernistas, o uso mais significativo do compensado nesse período foi como material para o projeto de aviões. De 1910 a 1945, a força e a leveza do compensado permitiram a construção de novos aviões radicais que revolucionaram a natureza da aviação. Tradução nossa.

Figura 67 - Exposição *Inside the Plywood: Material of the Modern World* exhibition.



Fonte: Victoria and Albert Museum, 2017.

Figura 68 - *Inside the Plywood: Material of the Modern World* exhibition



Fonte: Victoria and Albert Museum, 2017.

Como produto da exposição o museu publicou: *A short history of plywood in ten-ish objects*. O texto discorre sobre o uso do material ao longo da história através de 10 objetos representativos, a saber:

1. A poltrona *Belter* desenhada por John Henry Better (1804-1863), provavelmente em 1860 (FIG.69 A).
2. A capa do livro *Aurora Australis* (FIG. 69 B) publicado pelos membros da tripulação britânica sobre a expedição à Austrália (1908).
3. A poltrona *Paimio*, design de Alvar Aalto (1898-1976) em 1932 (FIG. 69 C).

4. A imagem do protótipo de uma ferrovia elevada em compensado moldado, exibido em 1867 na *American Institute Fair*, em Nova York (FIG. 70).
5. A canoa fabricada pela empresa *Haskell Boat Company*. Produzidas a partir de 1917, essas canoas eram feitas a partir de uma peça única de compensado, com cola impermeável desenvolvida pela empresa, pesavam cerca de 27 quilos somente (FIG. 71).
6. O protótipo de uma residência toda estruturada em compensado, projetada em 1937 pela *Forest Product Laboratory*, em escala real (FIG. 72).
7. O avião britânico *Mosquito* (1941), considerado o mais rápido modelo usado na Segunda Guerra Mundial. Por volta de 1910 experimentos com compensado moldado permitiram a construção das primeiras fuselagens de avião, estruturas conhecidas como *monocoque*. Esta revolucionária fuselagem tornou-se padrão no projeto de aviões (FIG. 73).
8. O interior do carro alemão modelo F7, montado em 1938 (FIG. 74 A).
9. A cadeira de escritório *Eames* (FIG. 74 B), projetada por volta de 1940, design de Charles (1907-1978) e Ray Eames (1912-1988).
10. A imagem da corrida de barcos *Mirror* (FIG. 74 C), destacando a tendência do “faça você mesmo” (1950-60). O kit para montagem destes barcos foi vendido a preço acessível com instruções simples para montagem doméstica (*Victoria and Albert Museum*, 2017).

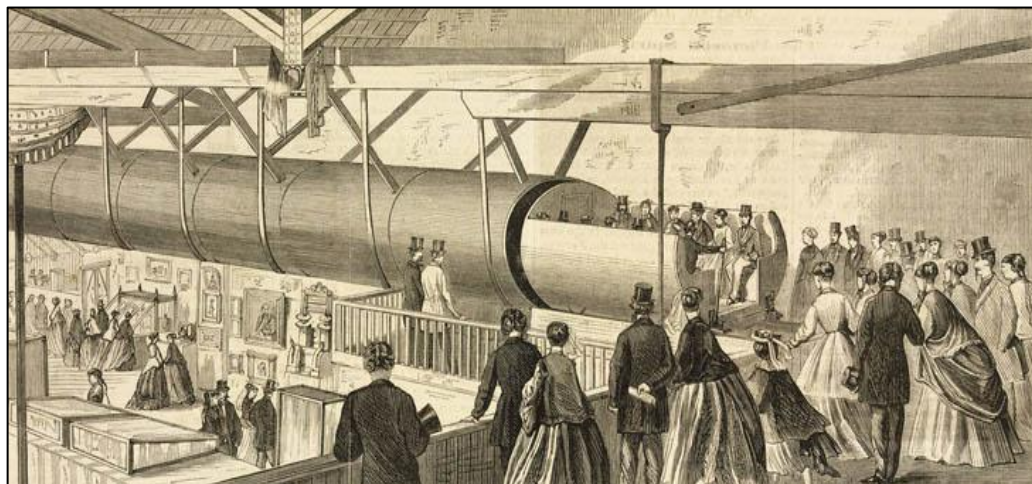
Figura 69 - Objetos selecionados na publicação *A short history of plywood in ten-ish objects*



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017  
A) Cadeira Belte, 1860.

- B) Capa do livro *Aurora Australis*, 1908.  
 C) Cadeira de braços Paimio, 1932.

Figura 70 - Ferrovia elevada em compensado (1867)



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017

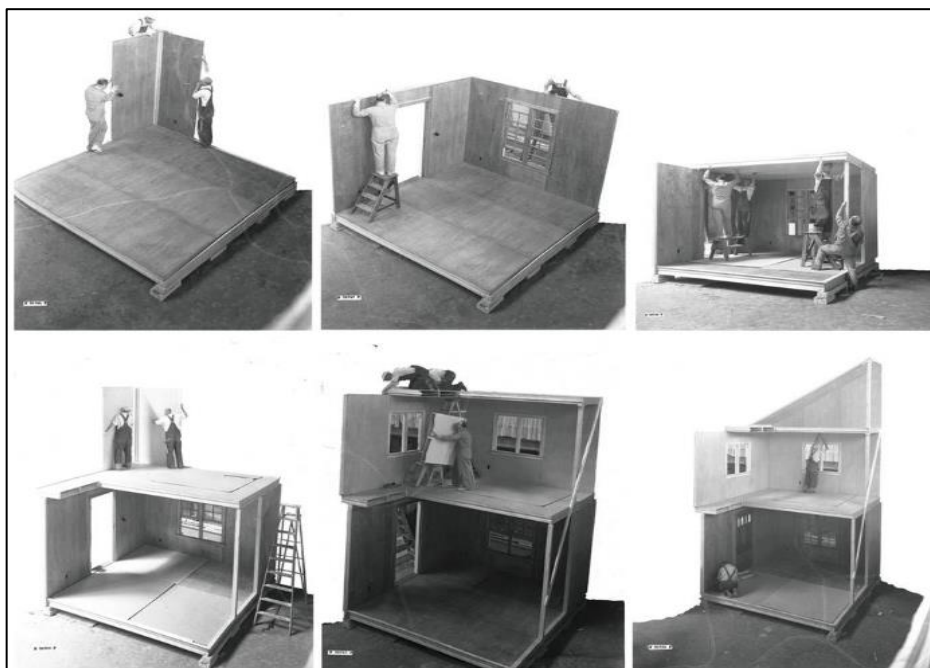
Figura 71 - Canoa produzida pela *Haskell Boat Company*



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017

- A) Detalhe da canoa.  
 B) Propaganda da canoa (1930).

Figura 72 - Protótipo de residência em compensado elaborado por *Forest Products Laboratory* em 1937.



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017.

Figura 73 - Avião Mosquito



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017.

Figura 74 - Objetos selecionados na publicação *A short history of plywood in ten-ish objects*



Fonte: *Victoria and Albert Museum*, 2017

a) Modelo carro alemão F7 (1938).

B) Cadeira de escritório design de Charles e Ray Eames (1947).

C) Corrida de barcos Mirror (1960).

### 3.3 Painéis de compensado como suporte pictórico

A pintura *Albano Italy*, do artista George Inness (1854-1926), é apresentada por Norman Muller (1962-), conservador e professor da Universidade de Princeton, como uma das primeiras pinturas executadas sobre compensado. A obra faz parte do acervo do Museu da Universidade de Princeton e estava registrada como óleo sobre tela. Estima-se que foi pintada logo após 1880 (FIG.75). Em 1988, quando a pintura de Inness passou por processo de higienização, foi descoberto no verso (FIG. 76) uma etiqueta especificando o produto empregado no suporte: *French's Artist Board*. Um painel em compensado com acabamento específico para pinturas, patenteado em 29 de junho de 1880, na América do Norte, por Evelyn F. French, já citado nesta pesquisa. A avaliação de especialistas apontou que a pintura estava em ótimo estado de conservação (MULLER, 1992).

Figura 75 - Obra: Albano, Italy, de George Inness

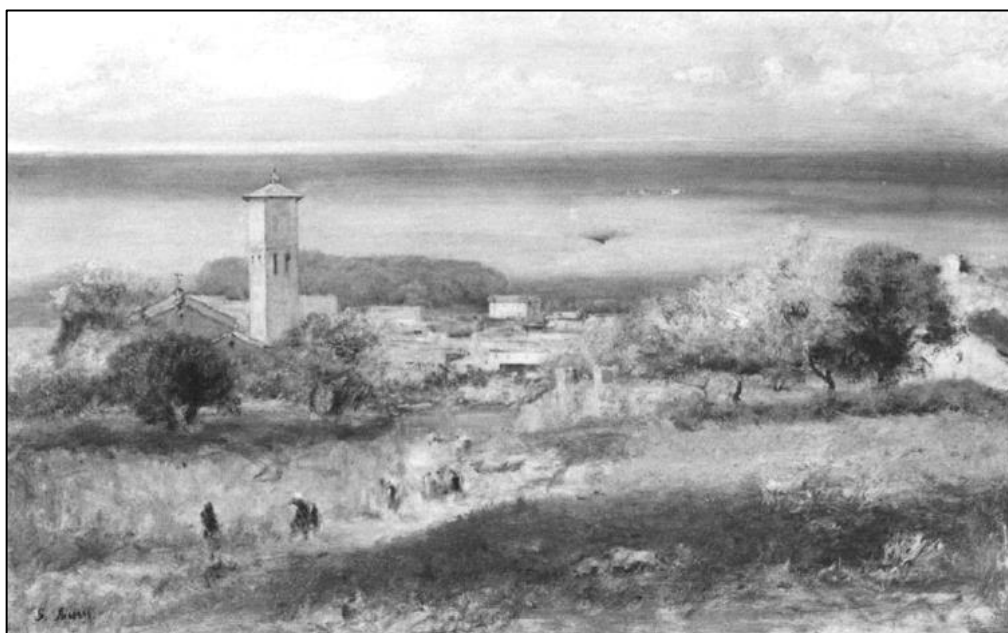
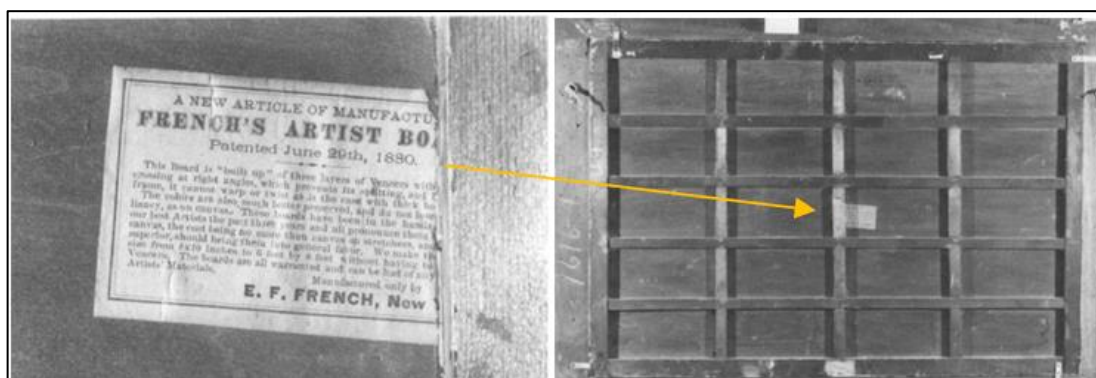


Fig. 1. George Inness, *Albano, Italy*. Oil on canvas, 76 x 114 cm. Princeton University, the Art Museum (56-121). After 1880.

Fonte: Muller, 1992.

Figura 76 - Verso da obra Albano, Italy



Fonte: Muller, 1992.

O tipo de travamento colocado no verso da obra de Inness é similar aos executados em obras antigas sobre painéis de madeira maciça (FIG. 77). Foram executados com o propósito diminuir possíveis movimentações do suporte, em função de variações de T e UR ambientais.



Figura 77 - Verso da obra *Garden Party*  
38 x 55 cm



Fonte: Roeders, 2011  
Obra de Francois Hals, óleo sobre madeira, 1962,

STOLS (2012) explica que painéis de compensado foram introduzidos na França como suporte pictórico após 1850, mas o uso provavelmente foi restrito visto o número reduzido de obras encontradas neste período.

O Museu Picasso em Antibes, na França, abriga uma coleção composta por 23 pinturas e 44 obras sobre papel de Pablo Picasso, executadas até 1946. O local de exposição é o mesmo onde o artista morou e produziu as obras. Picasso usou como suporte materiais prontamente disponíveis, como placas de fibrocimento, painéis de madeira compensada, folhas de papel e telas reutilizadas. Francesca Casadio *et al* (2013) estudaram o material das obras e publicaram o artigo *Scientific investigation of an important corpus of Picasso paintings in Antibes: new insights into technique, condition, and chronological sequence*. Os tipos de suportes são discriminados no estudo, mas não há nenhum aprofundamento sobre suas características. O foco foi identificar as tintas utilizadas nas obras da coleção. Como resultado, verificou-se ampliação na paleta de Picasso. As análises mostraram que outras tintas a óleo, além da marca Ripolin comumente referenciadas na técnica do artista, foram usadas nas obras executadas em Antibes. Para determinar os materiais pictóricos utilizou-se exames de Espectroscopia de dispersão e Raman. Na obra Nu sentado em chão

verde (FIG. 78 A) o pigmento verde foi analisado a partir de amostra retirada (FIG. 78 B).

Figura 78 - Obra: Nu sentado sobre chão verde, 1946.



Fonte: Casadio *et al*, 2013.

Micrografias de um corte transversal da amostra histórica de tinta verde no fundo do pintura representada sob: (B) iluminação de luz visível; (C) iluminação UV; (D) elétron retroespalhado

A obra de Salvador Dali (1904-1989), nomeada Um casal com a cabeça cheia de nuvens (FIG. 79), foi apresentada na publicação *Proceedings from the symposium Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training* (2011). A autora do estudo, a conservadora-restauradora Gwendolyn P. Boevé-Jones, descreve o suporte como *Multiplex Panel*<sup>30</sup>. Mais uma referência que prioriza o fabricante, não o material.

---

<sup>30</sup> Multiplex. Disponível em: <http://www.ecosetechnology.com/en/applications-plywood-multiplex>. Acesso em 03 jun. 2020.

Figura 79 - Obra: Um casal com a cabeça cheia de nuvens, 1936.



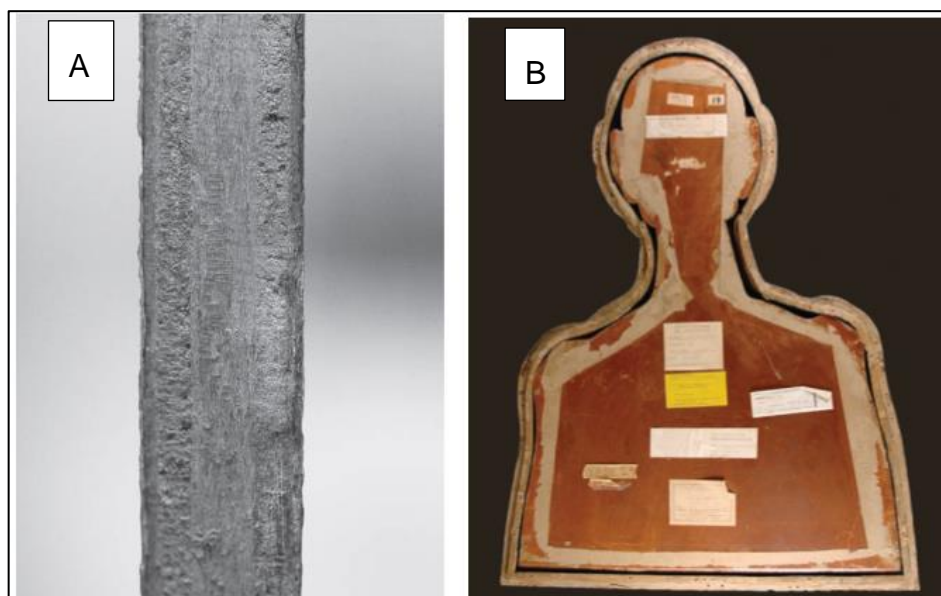
Fonte: Fundació Gala-Salvador Dalí, 2007<sup>31</sup>.

O suporte foi identificado como compensado de 5 camadas (FIG. 80 A). As principais influências do compensado no estado de conservação da obra descritas foram deformações nos dois painéis e rachaduras acompanhando o sentido das fibras do material, causando danos à policromia. A imagem do verso aponta algumas deformações entre a moldura e a obra (FIG. 80 B) (BOEVÉ-JONES, 2011).

---

<sup>31</sup> Disponível em:<Salvador Dalí, Fundació Gala-Salvador Dalí, Figueres, 2007>. Acesso em: 03 jun. 2020.

Figura 80 - Tipo de suporte e verso de um dos lados da obra Um casal com a cabeça cheia de nuvens



Fonte: Boevé-Jones, 2013. Fotografia: Margo Vintges.

A Casa-Museu Abel Salazar<sup>32</sup>, localizada na cidade do Porto em Portugal, abriga o acervo do médico, pesquisador e artista Abel Salazar (1889-1946). A conservadora Ana Brito estudou 33 obras deste artista, todas em compensado, possivelmente executadas entre 1919 e 1946. As obras são de diversas dimensões, a menor mede 16,5 x 4,7 cm e a maior 152 x 120 cm. Somente seis do total das obras analisadas pela pesquisadora apresentaram reforço estrutural no verso. Os principais danos relatados, provenientes do suporte foram: delaminação (FIG. 81) da capa (lâmina que contém a camada pictórica), fendas (FIG. 82) e sinais de infestação por xilófagos (FIG. 83).

---

<sup>32</sup> Disponível em: <casamuseuabelsalazar.pt>. Acesso em: 02 dez 2020.

Figura 81 - Obra: Busto de Mulher, s.d.



Fonte: Brito, 2012.  
 Artista: Abel Salazar.  
 Técnica: óleo sobre compensado. Dimensão: 24,5 x 19,5 cm.

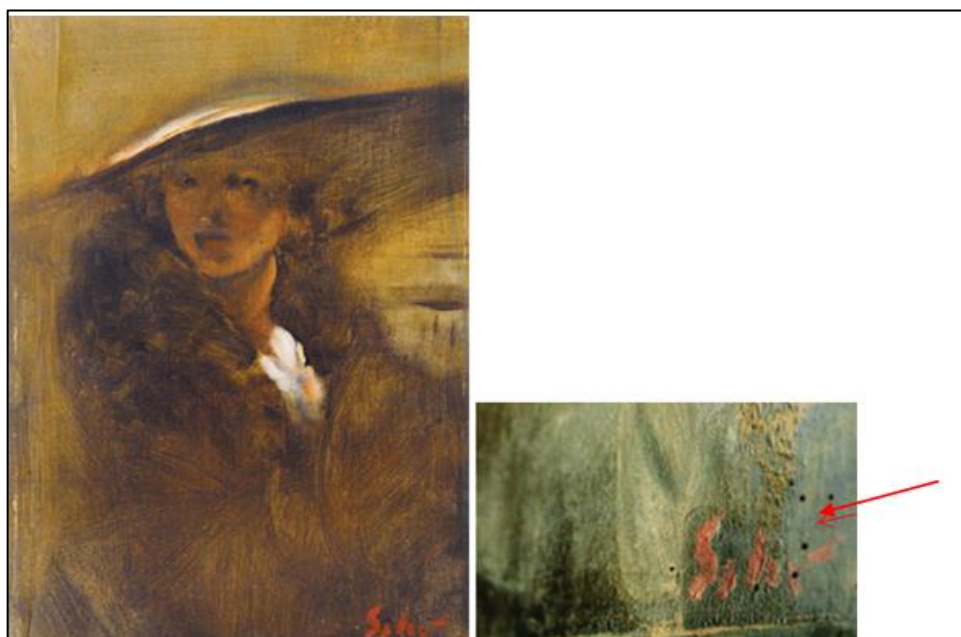
Figura 82 - Obra: Pintura de Mulher, s.d.



Fonte: Brito, 2012.  
 Artista: Abel Salazar. Técnica: óleo sobre compensado.  
 Dimensão: 21,5 x 14,5 cm

Na imagem da obra é visível (setas vermelhas) as fendas que seguem a orientação das fibras da madeira. O detalhe apresenta a fenda no verso.

Figura 83 - Obra: Esquiço, s.d.



Fonte: Adaptado de Brito, 2012.

Artista: Abel Salazar. Técnica: óleo sobre compensado. As setas indicam na imagem do detalhe sinais (orifícios) de saída dos insetos xilófagos.

.A obra *La Fée Électricité*, de Raoul Dufy (1877-1953), foi executada para a Exposição Internacional de Paris, em 1937, no Palácio da Eletricidade. O local foi especialmente construído para a exposição. A pintura foi encomendada pela empresa parisiense de eletricidade e o tema principal deveria protagonizar a eletricidade e sua importância na vida moderna (ROSELL, 2017).

O pintor levou um ano para executar a obra, composta por 250 painéis de compensado, totalizando aproximadamente 600 m<sup>2</sup>, com 10 metros de altura e 60 metros de comprimento. Dufy retratou na sua obra 110 personalidades, entre cientistas, engenheiros e filósofos, que de alguma maneira contribuíram para o advento da eletricidade (MAM, 2020).

A tinta aplicada foi resultado de pesquisas do químico e restaurador Jacques Maroger: uma tinta a óleo com adição de cola e verniz, com efeito de afrescos. A técnica proporcionou transparências e cores luminosas (FIG 84). Ao término da exposição, em novembro de 1937, a obra foi desmontada e os 250 painéis foram classificados e numerados para futura remontagem. Em 1954, *La Fée Électricité* foi

adquirida pelo Museu De Arte Moderna de Paris, porém, a remontagem só aconteceu em 1964, onze anos após a morte do autor (BUFFAT, 2006).

Figura 84 - *La Fée Électricité*



Fonte: MAM Paris, 2020.

Em 2001 foi descoberto amianto<sup>33</sup> na obra. Medidores detectaram a presença deste produto tóxico proibido na França, no verso da pintura. Presumiu-se, que a camada de amianto foi adicionada na época da Exposição Internacional em 1937, como medida preventiva contra incêndios, prática comum na época. A remoção reuniu equipe multidisciplinar, com conservadores especialistas em pintura, madeira e técnicos em remoção de amianto, sob a supervisão da curadora Dominique Chagneux. Os especialistas demoraram um ano para estabelecer uma metodologia segura para o trabalho dos profissionais, e, principalmente, que não comprometesse a integridade da obra. A solução encontrada foi a raspagem direta do amianto pelo verso da obra, trabalhando no espaço entre o painel e a parede. A área foi totalmente isolada com uma bolha plástica, com procedimentos de segurança similares à indústria nuclear. Sistemas de sucção acoplados às ferramentas de raspagem

---

<sup>33</sup> Amianto ou asbesto foi intensamente utilizado na indústria da construção civil devido às qualidades físico-químicas: alta resistência mecânica, material isolante acústico e térmico, além de baixo custo. Porém, foi descoberto sua nocividade à saúde humana (produto cancerígeno) e seu uso proibido em muitos países. Fonte: INCA, s.d. Disponível em: <[inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/amianto](http://inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/amianto)>. Acesso em 10 dez. 2020.

aspiravam as fibras de amianto. Os profissionais usavam os equipamentos de proteção adequados ao trabalho, roupas lacradas, máscaras com filtros e suprimento de ar puro. Cada jornada de trabalho durava duas horas e meia. Ao término eram necessários três banhos para descontaminação, sendo dois com a roupa usada no trabalho e o terceiro sem a roupa. A roupa utilizada era descartada a cada uso (BELLET, 2006).

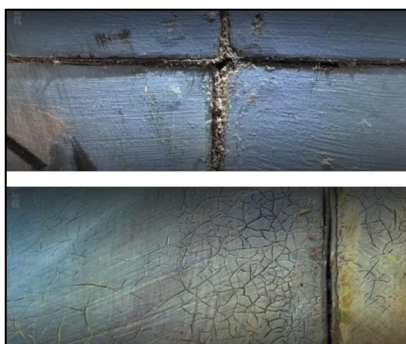
Em 2020, *La Fée Electricité* sofreu nova intervenção de conservação (FIG.85). Para avaliação total da obra e devido à dimensão, o levantamento fotográfico foi executado com drones. Os principais problemas encontrados foram pontuais, nas arestas dos painéis e nas movimentações dos parafusos de fixação (FIG. 86). Os procedimentos (FIG. 87) envolveram a higienização e tratamento estético em algumas áreas (PIAGEAT, 2020).

Figura 85 - Avaliação da obra pela restauradora Cécile des Cloizeaux



Fonte: Delfino, 2020.

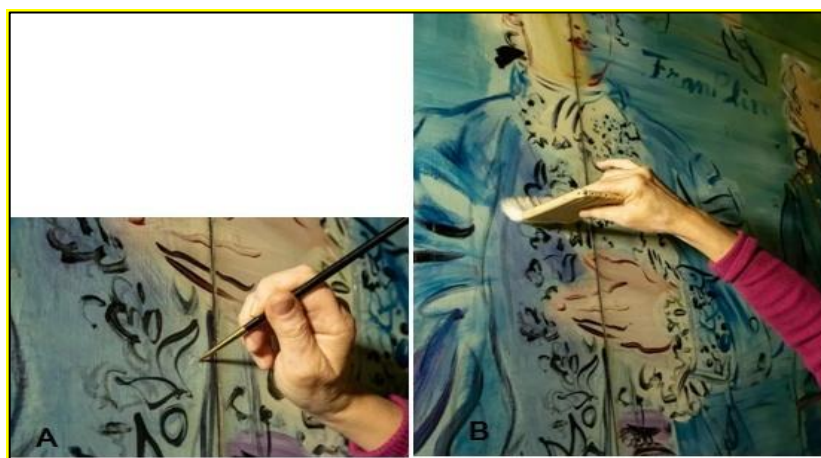
Figura 86 - Principais danos



Fonte: Delfino, 2020.



Figura 87 - Procedimentos de Conservação



Fonte: Delfino, 2020.

O Projeto Portinari (2018), disponível *on line*<sup>34</sup>, apresenta 40 obras em madeira compensada executadas pelo artista Candido Portinari (1903-1962). A mais antiga data de 1931, denominada Natureza-Morta, mede 35 x 26,5 cm e foi executada em Paris. Uma das mais emblemáticas é o Painel Guerra e Paz, medindo cerca de 14m de largura x 10m de altura cada tema. Pintado entre os anos de 1952 e 1956 (FIG. 88, 89), foi doado pelo governo brasileiro à Organização das Nações Unidas (ONU) em 1956.

Figura 88 - Portinari pintando os painéis Guerra e Paz



Fonte: Portal Portinari, 2018.

---

<sup>34</sup> Projeto idealizado pelo filho do artista João Candido, em 1979, Disponível *on line*: <<http://portinari.org.br>>. Acesso em 7 mar. 2018.

Figura 89 - Painéis Guerra e Paz



Fonte: Portal Portinari, 2018.

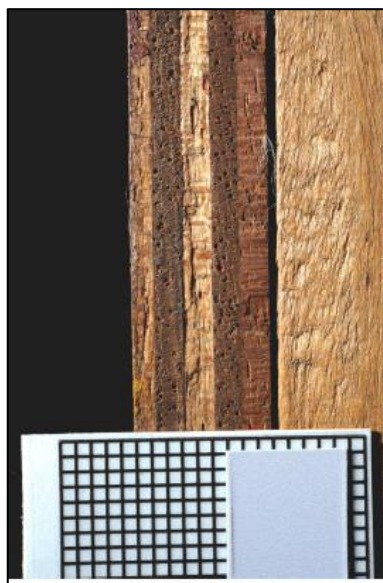
Em 2010, o painel Guerra e Paz composto por 28 segmentos, foi desmontado (FIG. 90) e enviado ao Brasil para ser restaurado. O trabalho aconteceu em ateliê aberto no Ministério da Educação e Cultura, Rio de Janeiro, com acesso ao público. O projeto de conservação foi coordenado pelos restauradores Edson Motta Júnior e Cláudio Valério Teixeira (1949-2021), com apoio científico do LACICOR, sob a responsabilidade do professor Luiz Souza nas análises científicas dos materiais, e do professor Alexandre Leão na documentação científica por imagem. O suporte identificado como compensado naval de cedro e a técnica aplicada à tinta a óleo (FIG. 91).

Figura 90 - Desmontagem dos painéis na ONU em novembro de 2010



Fonte: Teixeira, 2011.

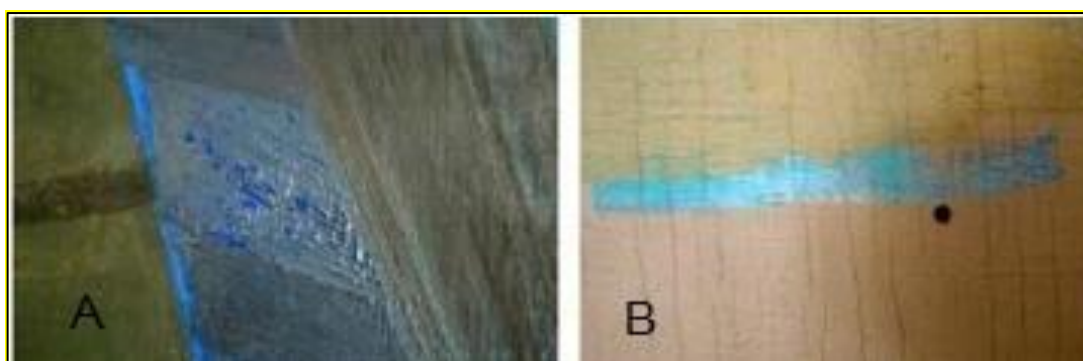
Figura 91 - Detalhe da lateral do painel Paz. Mostrando o suporte em compensado naval, composto por cinco camadas de lâminas de madeira sobrepostas. Escala 2 cm.



Fonte: Alessandra Rosado. Fotografia: Alexandre Leão, 2011.

Os principais danos identificados em relação ao suporte foram as fissuras e rachaduras micro concheadas (FIG. 92 A e B), "indicando início de processo de descolamento das camadas de madeira que formam a placa de compensado naval, processo de degradação típico do material" (TEIXEIRA *et al.*, 2011, p.201).

Figura 92 - Detalhe deterioração painel Guerra e paz



Fonte: Teixeira, 2011.

Destacamos também o painel Civilização Mineira (FIG. 93) executado por Portinari em 1959, para a sede do Banco Hipotecário Agrícola de Minas Gerais, localizado na cidade do Rio de Janeiro. Em 1967 foi transferido para o Palácio dos Despachos, atual

Casa Fiat de Cultura. Trata de uma pintura a óleo e têmpera sobre compensado naval, medindo 2,34 m de altura por 8,14 m de comprimento, tombada pelo município em 12/12/1991 (GOMES, 2014).

Figura 93 - Painel Civilização Mineira, de Candido Portinari, 1959



Fonte: Oficina do Restauro, 2014. Fotografia: ILAB – EBA-UFMG

A empresa mineira Oficina de Restauro ficou responsável pelos procedimentos de restauração, iniciado em 3 de setembro de 2013 e finalizado em 07 de dezembro de 2013.

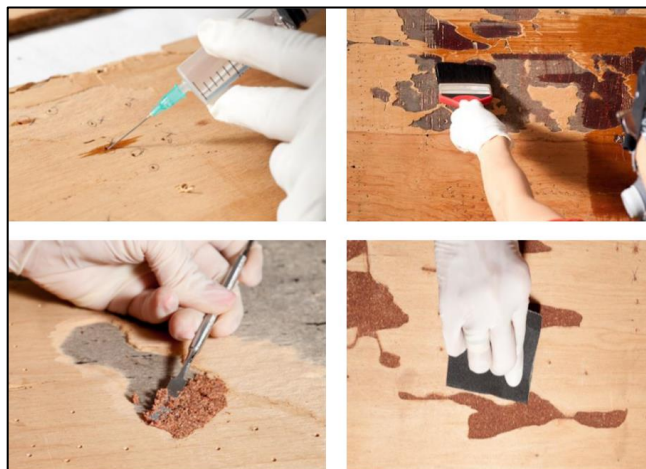
O relatório dos trabalhos de conservação e restauração destaca a problemática de infestação por cupins, descoberta na desmontagem dos painéis. Foram encontradas galerias no verso da obra e na chapa de aglomerado que fazia parte do sistema de fixação do painel à parede. Estas estruturas estavam em fase adiantada de deterioração, apresentando extensas galerias, com insetos vivos e excrementos, porém não atingiram a camada de compensado que continha a pintura (FIG. 94). As peças receberam tratamento curativo, preventivo e as galerias foram preenchidas (FIG. 95).

Figura 94 - Infestação por cupins. Verso da obra



Fonte: Grupo Oficina do Restauro, 2014. Fotografia: ILAB – EBA-UFMG

Figura 95 - Tratamento para infestação cupins



Fonte: Grupo Oficina do Restauro, 2014.

Aplicação de imunizantes e preenchimento das galerias. Fotografia: ILAB – EBA-UFMG.

As placas de aglomerado precisaram ser descartadas e uma nova estrutura de montagem mais eficiente foi elaborada, utilizando-se chapas de MDF e réguas de madeira maciça. Nas novas peças também foi aplicado o tratamento preventivo para ataque de xilófagos (FIG.96).

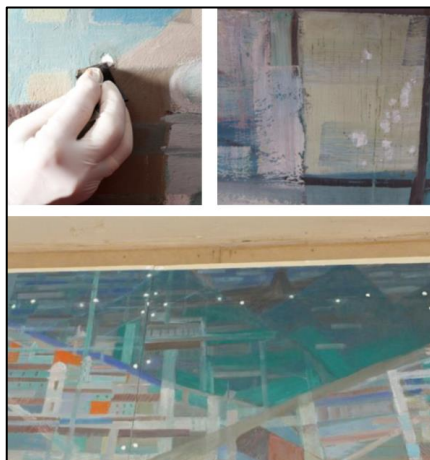
Figura 96 - Preparação da nova estrutura (tipo chassi) para receber o painel



Fonte: Grupo Oficina do Restauro, 2014. Fotografia: ILAB – EBA-UFMG

Após a preparação do local, os painéis pictóricos foram novamente instalados, utilizando-se a mesma furação dos parafusos anteriores. Em sequência, iniciou-se os procedimentos na camada pictórica: nivelamento com massa nos locais das cabeças dos parafusos e reintegração cromática (FIG. 97).

Figura 97 - Nivelamento da camada pictórica



Fonte: Grupo Oficina do Restauro, 2014. Fotografia: ILAB – EBA-UFGM.

Sabe-se que a validade do tratamento preventivo para insetos xilófagos não é eterna, portanto, é necessário vistorias constantes, e no caso de sinais de reinfestação, nova aplicação é indicada.

Herrera e Pacheco (2008) apresentam o estado de conservação e as diretrizes que nortearam o restauro da obra *Prism 4*. A obra (FIG. 98) faz parte da série iniciada no final da década de 60, pelo artista espanhol José Maria Yturralde (1942-).

Figura 98 - Obra: *Prism 4*, 1972.

Fonte: Fundación Chirivella Soriano<sup>35</sup>

---

<sup>35</sup> Disponível em: < <https://www.chirivellasoriano.org/la-fundacion/>>. Acesso em 25 mai. 2022.

A estruturação da obra (FIG. 99) utilizando sarrafos fixados por pregos causou rachaduras e levantamentos na camada pictórica, comprometendo a apreciação estética. Os pregos inseridos para unir os diferentes painéis não foram apropriados, produzindo ferrugem, causando uma profunda alteração na camada pictórica.

Figura 99 - Frente e verso da obra *Prism 4*



Fonte: Herrera; Pacheco, 2008.

Por desconhecimento de técnica adequada para a preparação dos painéis de compensado, Yturralde empregava pregos passíveis de ferrugem, e estes muitas vezes causavam sérios problemas em suas obras (FIG. 100). Por volta de 1975, um amigo marceneiro recomendou a Yturralde o uso de carbonato de cálcio e adesivo de PVC para proteção contra ferrugem. A partir do emprego dessa técnica, nenhuma outra rachadura ou levantamento, como resultado de ferrugem por pregos, ocorreu nas obras do artista. A problemática inicial para o restauro envolvia criar um método para remover as oxidações. O desafio maior era conseguir uma apresentação estética que não comprometesse a originalidade e, também, o caráter monocromático e liso da pintura. Restaurações anteriores na camada pictórica mostraram-se ineficientes neste ponto (FIG. 101). A entrevista com o artista foi determinante para a tomada de decisão sobre a reintegração cromática (HERRERA, PACHECO, 2008).

The physical materiality of Prism 4 is subordinated by the artist's intention and the meaning of the work, whose notions relegate the principle of authenticity through the integrity of the intellectual universe. The true importance or value of Yturralde's work of art lies in the aesthetic unity understood as a whole,

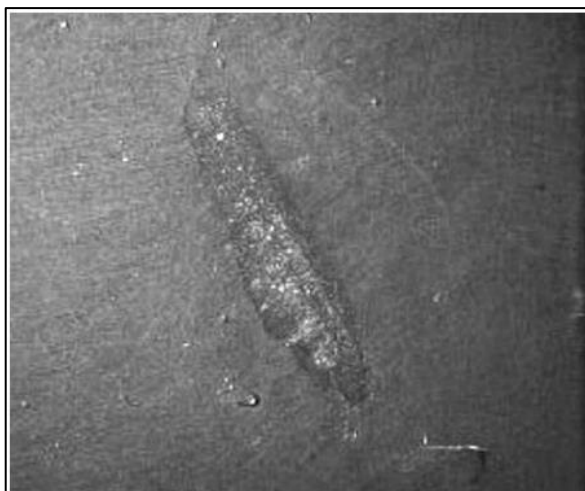
rather than in the originality of a pictorial layer. As Yturralde pointed out in an extensive interview conducted for this intervention, “I wish the work to be seen, and not a deteriorated original”<sup>36</sup> (HERRERA, PACHECO, 2008, p.114).

Figura 100 - Deteriorações na camada pictórica proveniente dos pregos



Fonte: Herrera; Pacheco, 2008.

Figura 101 - Intervenção anterior na camada pictórica



Fonte: Herrera; Pacheco, 2008.

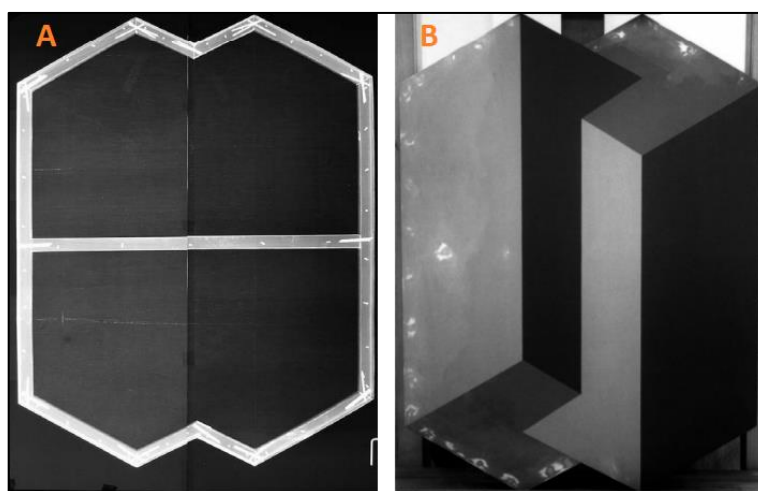
---

<sup>36</sup> A materialidade física da obra Prisma 4 está subordinada à intenção do artista e ao sentido da obra, que sobrepõem ao princípio da autenticidade pela integridade do universo intelectual. A verdadeira importância ou valor da obra de arte de Yturralde reside na unidade estética entendida como um todo, e não na originalidade de uma camada pictórica. Como Yturralde assinalou em extensa entrevista realizada para esta intervenção, “desejo que o trabalho seja visto, e não um original deteriorado”. Tradução nossa.



A intervenção de restauro priorizou a apresentação estética, executada a partir de estudos científicos acerca dos materiais empregados, e informações/intenções do artista, obtidas nas entrevistas. O exame de radiografia mostrou a localização de todos os pregos (FIG. 102 A), que não puderam ser removidos, mas foram rebaixados e afastados da camada pictórica. Aplicou-se sobre os pregos a camada de proteção composta por carbonato de cálcio e adesivo de PVC (FIG. 102 B), seguindo a técnica empregada pelo artista em obras posteriores. A camada pictórica recebeu repintura (FIG. 103) como a original (HERRERA, PACHECO, 2008).

Figura 102 - Posicionamento e rebaixamento dos pregos



Fonte: Herrera; Pacheco, 2008.

Figura 103 - Tratamento estético na camada pictórica



Fonte: Herrera; Pacheco, 2008.

O exemplo acima evidencia a responsabilidade na tomada de decisão do conservador restaurador na metodologia de restauro. Além de questões técnicas e éticas, o profissional lida com as atribuições de valores. As decisões vão determinar o estado propício à apreciação da obra. Análises científicas, documentações, estudo da história do objeto, documentação, e no caso de artistas vivos, a interlocução com o autor são recursos que podem responder à pergunta básica ao restaurar uma obra: “como, para quem e por quê”?

### 3.4 - Os painéis de aglomerado na arte

Schniewind (1998) descreve os painéis de partículas como um dos mais instáveis suportes para pintura, em virtude dos problemas advindos do contato com a umidade. Enfatiza que condições inadequadas e prolongadas de alta umidade podem acarretar deterioração e decomposição da estrutura física do material.

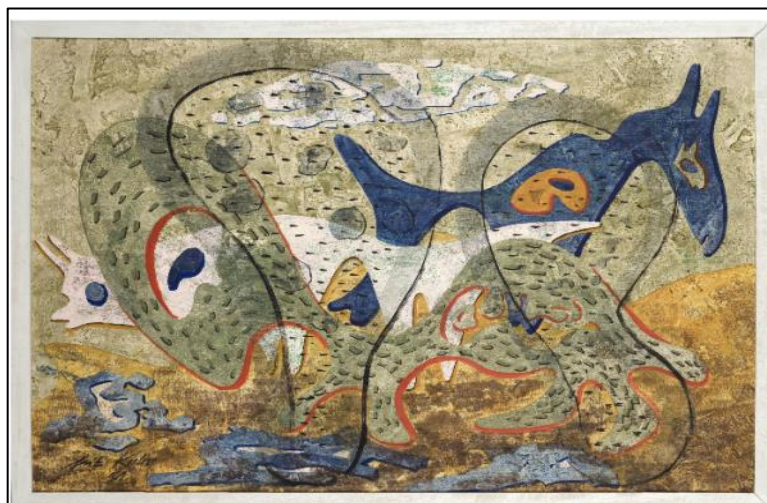
Em detrimento a este aspecto técnico, artistas utilizaram painéis de partículas como suporte desde o início do século XX, visto a possibilidade de inovação (FIG. 104, 105,106).

Figura 104 - Obra: *Off for Honeymoon*, 1918-1925.



Fonte: Google Arts & Culture  
Artista: Pedro Figari (1861-1939).  
Técnica óleo sobre *particleboard*. Dimensão: 70,5 x 100, 5 cm

Figura 105 - Obra: *Lurking Creator*, 1951.



Fonte: Google Arts & Culture

Artista: Fritz Kuhr (1899-1975). Técnica guache sobre *particleboard*. Dimensão: 70.5 x 100.6 cm.

Figura 106 - Obra: *Roda de samba*, 1957.



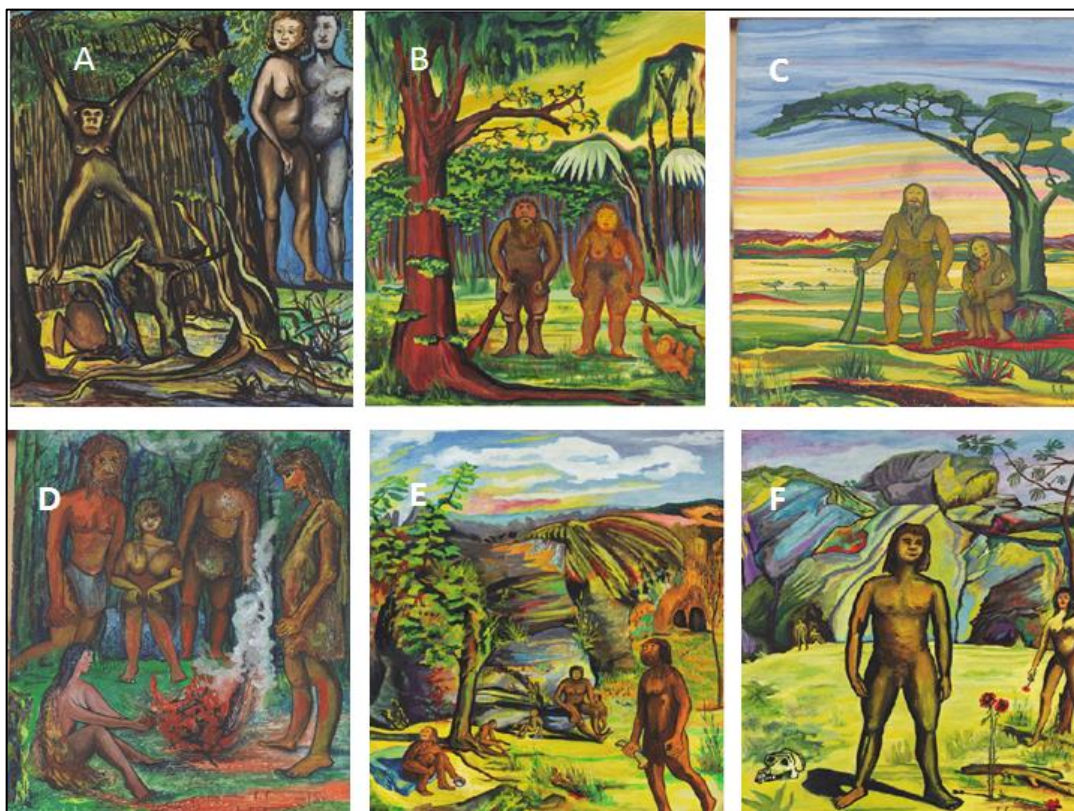
Fonte: Google Arts & Culture

Artista: Heitor dos Prazeres (1898-1966). Técnica óleo sobre *particleboard*. Dimensão: 32 x 51cm.

Têm-se como referência internacional das vanguardas artísticas a escola de arte alemã, Bauhaus, fundada em 1917 por Walter Gropius (1893-1969). Em 2019, o Museu Bauhaus foi inaugurado na cidade de *Dessau*, onde está localizado também a *Bauhaus Dessau Foundation*. Dentre o acervo da instituição destacamos abaixo a série *Criação* (FIG. 107,108), do artista Reinhold Rossig (1903-1978) integrante da escola Bauhaus no período de 1929-31. As obras desta série foram executadas sobre

painéis de partículas, com dimensões e técnicas similares (BAUHAUS DESSAU FOUNDATION, 2019).

Figura 107 - *Série Cycle: The creation of the world.*



**Fonte: Google Arts, 2019.** Artista: Reinhold Rossig.

A - Obra 1, data:1952, 51.3 x 44.0 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

B - Obra 2, data: 1957, 51.2 x 44.3 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

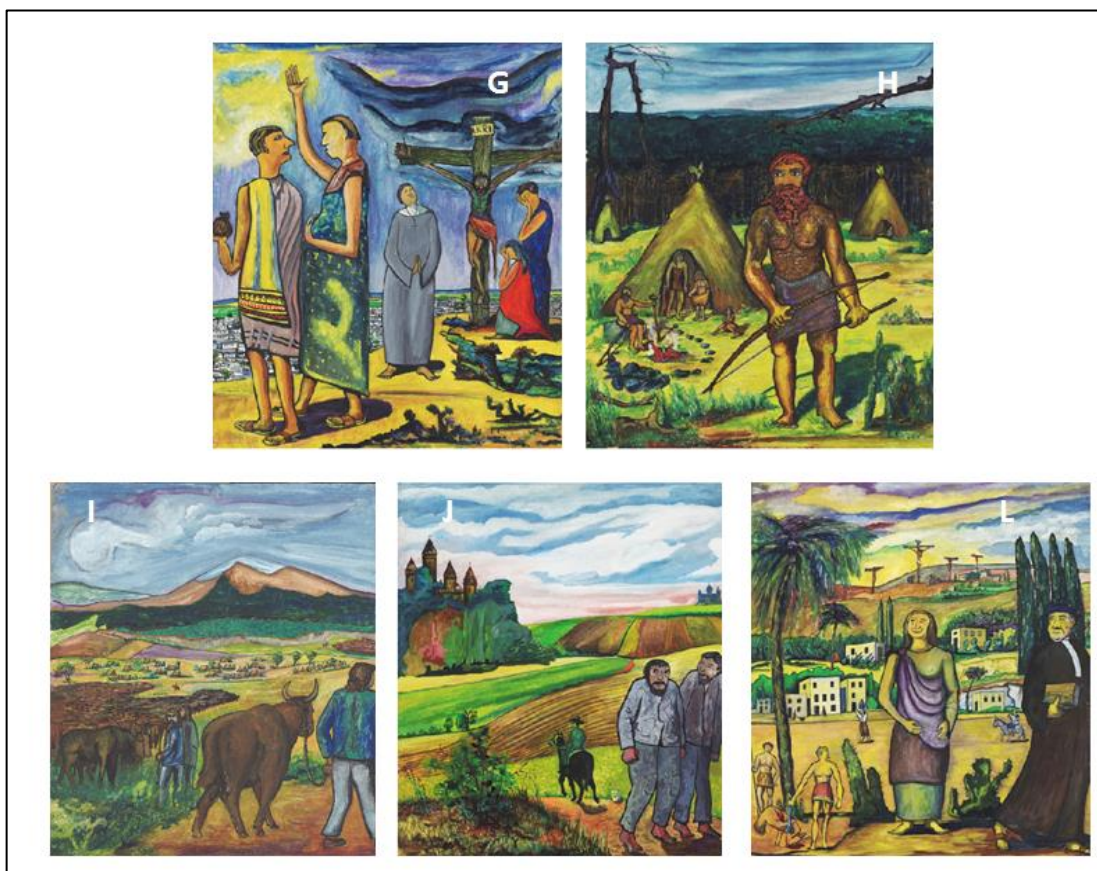
C - Obra 3, data: 1953. 51.3 x 44.2 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

D - Obra 4, data 1952/1959 - 51.3 x 44.0 Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

E- Obra 5, data 1956. Têmpera sobre *particleboard*.

F - Obra 6, data: 1958, 51.3 x 44.3. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

Figura 108 - Série Cycle The creation of the world.



Fonte: Google Arts, 2019. Artista: Reinhold Rossig

A - Obra 7, data:1952/59, 51.3 x 44.1 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

B - Obra 8, data: 1969, 51.5 x 44.2 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

C - Obra 9, data: 1969/03, 51.4 x 44.2 cm. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

D - Obra 10, data 1958, 51.2 x 44.0. Técnica: Têmpera sobre *particleboard*.

E- Obra 11, data 1969, 51.2 x 44.2. Têmpera sobre *particleboard*.

Mori (2015) pesquisou as técnicas do pintor ítalo-brasileiro Alfredo Volpi (1896-1988). A obra Santo Ingênuo, pertencente ao acervo da Pinacoteca de São Paulo, foi executada na década de 50 em têmpera sobre aglomerado, na dimensão de 56,5 x 44 cm (FIG. 109). O artista empregava nos painéis técnica similar à pintura tradicional em madeira, incluindo a aplicação de base de preparação.

Volpi iniciava a preparação da tela com a encolagem, feita com uma camada de cola de coelho ou gelatina e, depois, aplicava várias

camadas de base de preparação constituída de carbonato de cálcio ou gesso misturado à cola animal ou gelatina. O mesmo procedimento deve ter sido aplicado no suporte de aglomerado de madeira da pintura Santo Ingênuo e em outros materiais semelhantes (MORI, 2015, p. 47).

Figura 109 - Obra: Santo Ingênuo.



Artista: Volpi. Sem data  
Fonte: Mori, 2015.

As conservadoras-restauradoras Rita de Cássia Cavalcante, Lilian da Cruz Ramos e Marina Mayumi de Souza realizaram em 2018 a restauração da obra O descimento de Cristo da Cruz e a Ressurreição, da artista mineira Yara Tupynambá (1932-), executada em 1977 (FIG. 110).

Figura 110 - O descimento de Cristo da Cruz e a Ressurreição.



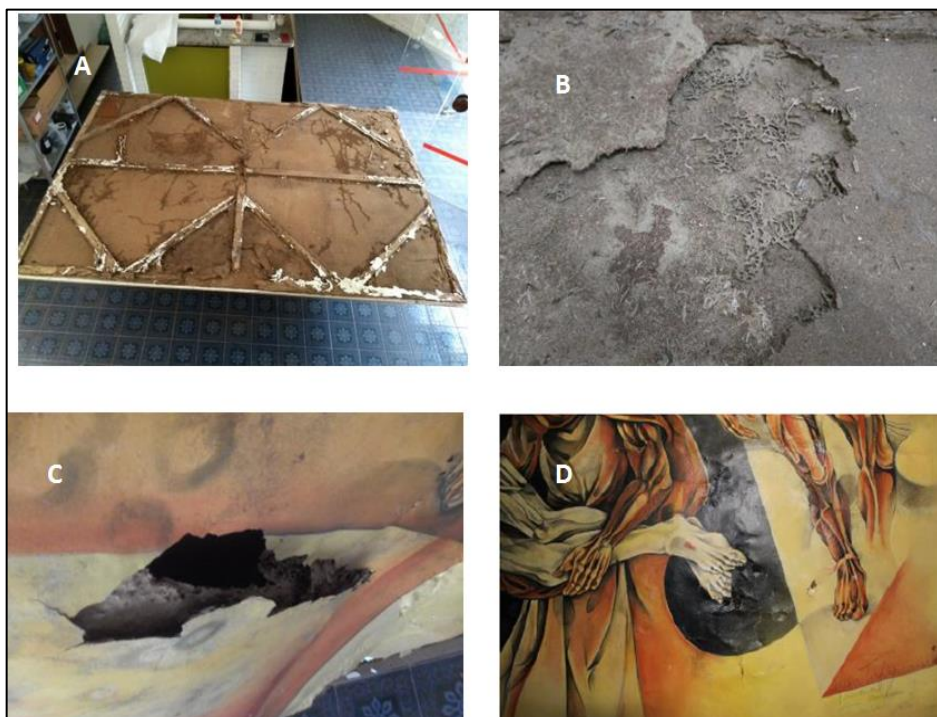
Fonte: Cavalcanti, 2018.

O painel foi realizado em 1977 utilizando o aglomerado como suporte, com emprego de tintas vinílicas, pastel a óleo e aplicação de liqui-brilho como agente fixador e camada protetora. O relatório deste trabalho, ainda não publicado, detalha o estado de conservação da obra.

O painel “O Descimento da Cruz” foi diagnosticado em péssimo estado de conservação com sério risco de perda total da obra. Os principais agentes de deterioração identificados foram o cupim de solo e a alta umidade do ambiente causada por danos estruturais do edifício. O espaço onde a obra se encontra sofreu danos devido às infiltrações causadas possivelmente por uma construção anexa ao espaço e pela falta de manutenção periódica no edifício. Infiltração de água e ataque por insetos xilófagos foram os principais agentes de degradação do painel. A presença de galerias em toda a extensão do suporte causou o enfraquecimento do aglomerado e das traves de sustentação, levando ao abaulamento severo do painel, à perda do suporte, rachaduras, perda de camada pictórica e depósito de sujidades. A umidade ocasionou principalmente ondulações na superfície, desenvolvimento de fungos, presença de insetos, impregnação de sujidades, esmaecimento da tinta, manchas e desprendimento da camada pictórica (CAVALCANTI, 2018, p.15).

Os danos descritos acima (FIG 111 A, B, C, D) condizem com fatores de deterioração que podem atingir os painéis de partículas.

Figura 111 - Estado de conservação da obra



Fonte: Cavalcanti (2018).

O tratamento de conservação e restauro envolveu higienização, faceamento da camada pictórica, remoção dos painéis, tratamento do suporte, complementação com cortiça no verso da obra, aplicação de novo suporte à obra e nivelamento da camada pictórica e reintegração. Um novo sistema de fixação foi elaborado com auxílio de um marceneiro (CAVALCANTI, 2018).

Poucas publicações se debruçam sobre o estado de conservação e metodologia de tratamento de conservação e restauro de obras com suporte em chapas de partículas. O acesso ao relatório descrito acima foi gentilmente disponibilizado pela restauradora responsável, Rita Cavalcante, e foi de grande relevância para esta pesquisa.



### 3.5 Painéis de chapa dura na arte

As placas de Masonite são utilizadas por designers em mobiliários específicos e por artistas em obras pictóricas e instalações de arte.

No design de mobiliário destaca-se o armário para crianças de Henry Peter Glass (1911-2003), projetado em madeira e Masonite em cores (FIG. 112). O móvel tipo estante projetada pelo casal Ray e Charles Eames além da chapa dura, emprega compensado, aço e borracha (FIG. 113). Foi comercializado por *Herman Miller Furniture*, em 1949-50. O Instituto de Arte de Chicago utilizava os painéis como suporte pictórico na década de 50 (LAUREN ROGERS MUSEUM OF ARTS, 2019).

Figura 112 - Armário para crianças (1952). Projeto: Henry Peter



Fonte: Lauren Rogers Museum of Art, 2019.

Figura 113 - Projeto de Charles e Ray Eames



Fonte: Lauren Rogers Museum of Art, 2019.

Embora o objetivo principal da produção das chapas duras não fosse o mercado de arte, o material foi apropriado nesta esfera, como as demais chapas de PIDM.

Although Masonite does not seem to have promoted their hardboard to artists, art experts gave them technical advice about how to use it. As examples, we will look at the writings of three authorities: Ralph Mayer, Frederic Taubes, and Reed Kay. They are unanimous in their estimation of Masonite Standard Presdwood as an excellent choice for a rigid support, with Mayer calling it a “superior brand” of hardboard and Taubes remarking that “it is more reliable as a support for paintings than any panel made of wood.” There is consensus that Presswood was the best Masonite product to use, and that the Standard was more suitable than the Tempered version, as the surface treatment that gave the latter more strength also prevented optimal adhesion of priming coats (LAUREN ROGERS MUSEUM OF ARTS, 2019, p. 11).<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup> Embora Masonite não pareça ter desenvolvido seu painel duro para artistas, especialistas em arte deram conselhos sobre como usá-lo. Como exemplos, veremos os escritos de três autoridades: Ralph Mayer, Frederic Taubes, e Reed Kay. Eles são unânimes em sua estimativa do Masonite Standard *Presdwood* como uma excelente escolha para um suporte rígido, tratado por Mayer como uma “marca

A informação acima acerca da total aprovação de Ralph Mayer (1895-1979) sobre o produto foi revista na edição posterior de seu livro *Manual do Artista* (2006):

Na maioria dos casos são usadas as placas de Duratex (Masonite), consideradas pelos conservadores de museu como inferiores aos painéis de madeira. Elas possuem a tendência de lascar progressivamente nos cantos e bordas. Esse defeito combinado com a exalação de gases (out-gassing), as torna, na melhor das hipóteses, um suporte impermanente e excessivamente alto-destrutivo (MAYER, 2006, p. 330).

Runeberg (2008) afirma que enquanto alguns artistas consideram a chapa dura um material estável, leve e econômico, outros consideram um material de baixa qualidade estética. O autor aponta como problemas de conservação das obras: a suscetibilidade das chapas duras sofrer empenamentos, descamações, contaminação biológica, provocar acidificações e a emissão de gases. Em seu artigo *Staining and microbiological infestation of acrylic paintings on hardboard*, o autor aponta a vulnerabilidade das chapas duras, acarretando o dano que o autor denomina como *Descolorações Induzidas devido ao Suporte* (SID) (FIG. 114, 115), e biodeterioração (FIG. 116).

The term Support Induced Discoloration can refer to the extractive bleeding of natural components of the hardboard, and also to the off gassing of certain artificially added coatings and impregnations. The materials concerned may include oils, resins, waxes, tannins, lignin and formaldehydes, which under certain climatic conditions tend to bleed through porous painting layers (RUNEBERG, 2008, p. 23).

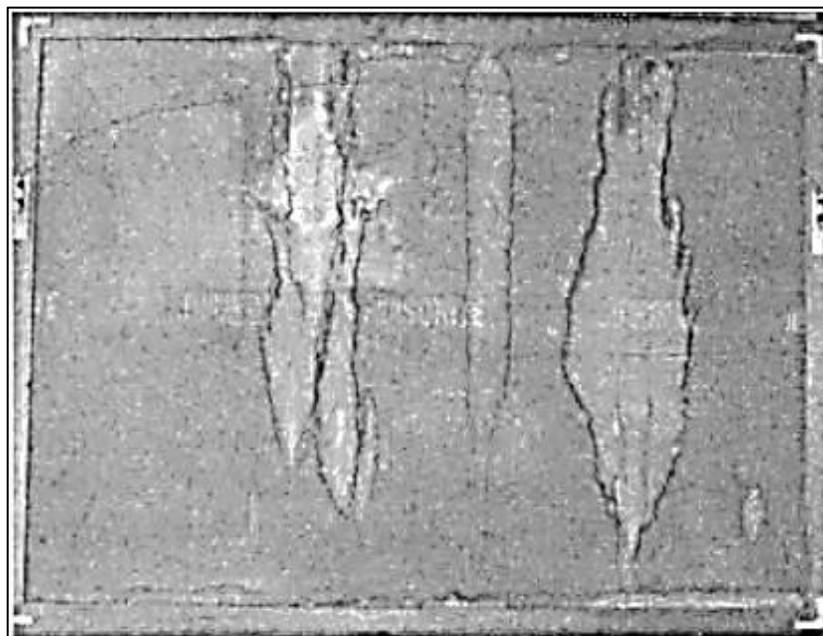
A conclusão apontada por Runenberg (2008) enfatiza que as cinquenta pinturas acrílicas com manchas na camada pictórica, tratadas no Laboratório de Conservação do Museu de Arte Contemporânea em Porto Rico, apresentaram a combinação de SID e infestação microbiológica. Exames laboratoriais de microscopia e coloração química permitem a identificação individual destes dois fatores de deterioração

---

superior” de painéis duros e Taubes comentando que “é mais confiável como suporte para pinturas do que qualquer painel feito de madeira”. Há um consenso de que *Preswood* era o melhor produto Masonite para usar, pois a versão temperada, ao receber tratamento visando aumento de resistência pode acarretar problemas de adesão na camada pictórica. Tradução nossa.

distintos. Porém, para determinar o tipo de extrato ou composto causador do SID, outras ferramentas analíticas são necessárias para diferenciar cera, óleo e resina.

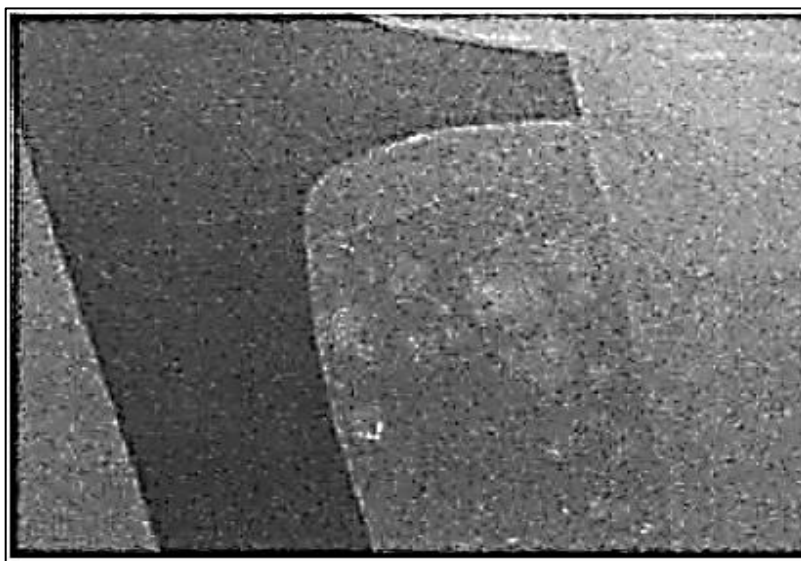
Figura 114 - Verso da obra: *La Massacre de Ponce*, 1989.



Fonte: Runenberg, 2008.

Artista: Fran Cervone (1913-.2001). Dimensão: 177 x 122. Técnica: Óleo sobre Masonite.  
Visíveis manchas de umidade no verso da obra.

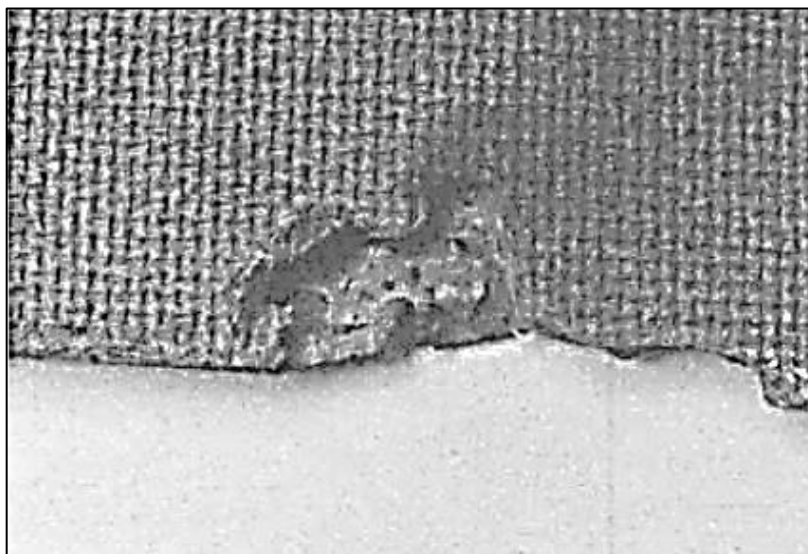
Figura 115 - Obra: *Trayectoria luz*, s.d.



Fonte: Runenberg, 2008.

Artista: de Noemi Ruiz (1931-). Dimensão: 122 x 91 cm. Técnica: Tinta acrílica e *hardboard*.  
Combinação de SID e infestação biológica.

Figura 116 - Detalhe do verso da obra: *Meditacion*, 1966.



Fonte: Runenberg, 2008.

**Artista:** Noemi Ruiz. Dimensão: 91,5 x 122 cm. Técnica: Tinta acrílica e hardboard  
Infestação de térmitas e decomposição do suporte em *hardboard*.

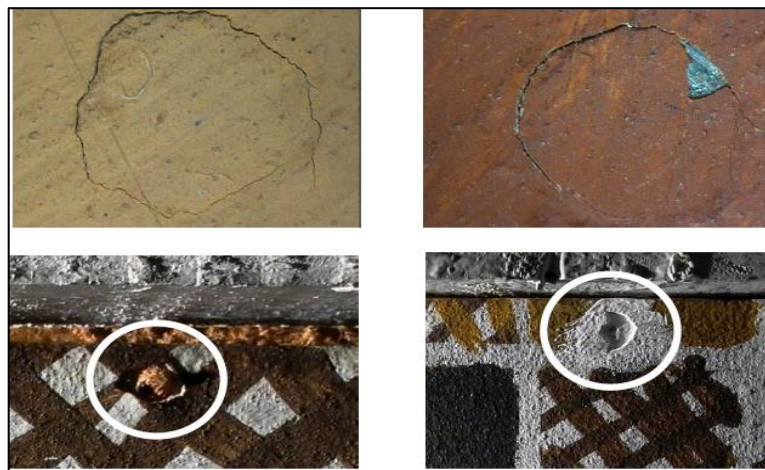
Joana Lia Antunes Ferreira (2011), em sua tese de doutorado desenvolvida na Universidade Nova de Lisboa, intitulada *Liaisons Dangereuses, Conservation of Modern and Contemporary Art: a study of the synthetic binding media in Portugal*, pesquisou a caracterização molecular dos polímeros acrílicos e vinílicos empregados a partir dos anos 60 e a evolução da fotodegradação ao longo do tempo. Sobre a relação do suporte com as deteriorações da camada pictórica, na obra de Joaquim Rodrigo (1912-1997)<sup>38</sup>, a pesquisadora aponta que a montagem dos quadros de reforço, eram, normalmente, elaborados no verso da obra, mas, fixados por pregos pela frente do painel. Este procedimento causou, ao longo do tempo, ruptura da camada de tinta ao redor dos prego devido à movimentação destes, conforme demonstra a obra *Os Quintais* (FIG. 117). O platex foi um suporte muito empregado por Joaquim Rodrigo. De acordo com o Catálogo *Raisonné* do artista (de 1961 a

---

<sup>38</sup> Joaquim Rodrigo foi agrônomo e engenheiro florestal. Começou a pintar após 38 anos de idade após conhecer obras de Picasso e Mondrian em visita à Itália e à França. Fonte: RODRIGO, Joaquim. *O complementarismo em pintura. Contribuição para a ciência da arte*. Lisboa: Horizonte, 1982.

1990), das 174 obras relacionadas, 154 foram em *hardboard*. A preparação da chapa envolvia além da estrutura de reforço no verso aplicação de camada de preparação à base de tinta PVC (branco de titânio) na face lisa (FIG.118).

Figura 117 - Deterioração da camada pictórica.



Fonte: Ferreira, 2011.

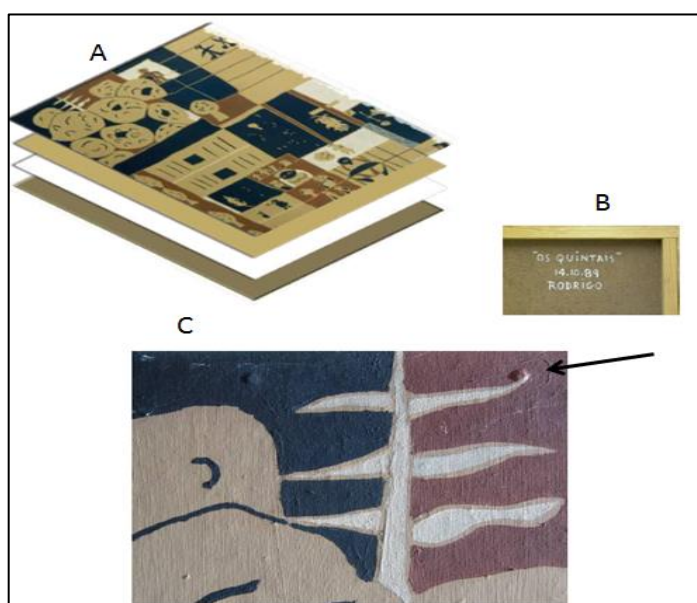
Artista: Joaquim Rodrigo

Danos devido ao uso de pregos na face frontal para fixação de reforço.

A e B - Detalhe ampliado da obra *Os Quintais* (1989) indicando a trinca acompanhando o formato dos pregos, com perda de policromia no detalhe B.

C e D - Detalhe da obra *Liberté*. Na imagem D percebe-se o desprendimento da policromia. No detalhe C a intervenção cobrindo área com desprendimento.

Figura 118 - Preparação da chapa dura para pintura



Fonte: Ferreira, 2011.

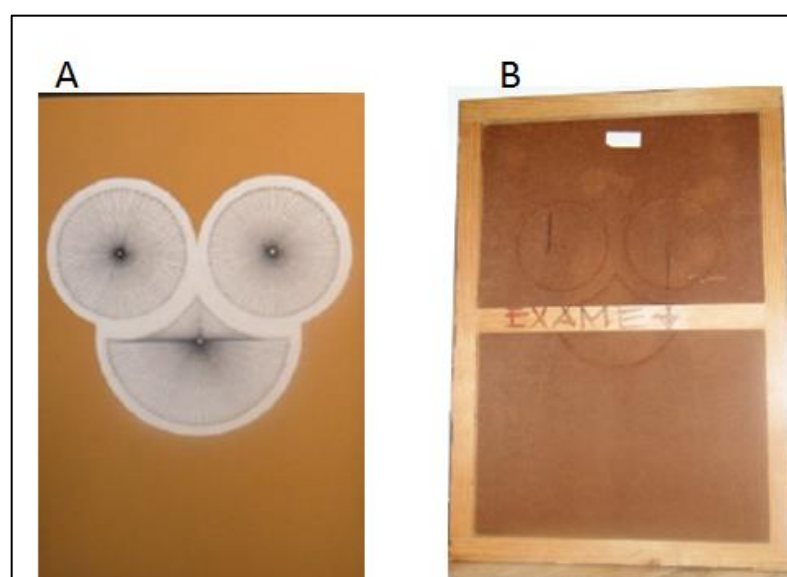
A - representação de baixo para cima: base de chapa dura, camada de preparação branca, camada de fundo colorida, pintura finalizada.

B - detalhe do verso (reforço na borda em madeira), data e assinatura.

C - Detalhe da frente com a indicação da seta do prego de fixação marcando e deformando pontualmente a pintura.

Outra pesquisadora portuguesa, Margarida Manuela L. C. Basaloco (2016), analisou a obra *Sem título* de José Bizarro (1941-)<sup>39</sup>, executada em 1971, também sobre platex (FIG 119 A, B). Trata-se de uma pintura de grande dimensão medindo 180 x 130 cm, composta por cinco placas sobrepostas, coladas e fixadas com pregos. A camada pictórica foi executada com tinta acrílica branca, com fios e algodão de cor preta (na parte inferior) e fios de seda azul (na parte superior). Possui estrutura de estabilização em madeira no verso, régulas de madeiras nas bordas e no meio da chapa, identificada como intervenção posterior. A caracterização dos danos está descrita no Quadro 14.

Figura 119 - Obra: *Sem Título* (1971) de José Bizarro. Acrílica sobre Platex, 180 x 130 cm



Fonte: Basaloco, 2016.

A - Frente da obra

B - Verso da obra

---

<sup>39</sup> O pintor José Bizarro (1941-) nasceu em Vila Velha de Rodão e atualmente vive e trabalha em Évora, Portugal. Realizou a primeira exposição individual em 1992, no Museu Etnográfico de Serpa. Possui obras em coleções particulares e públicas. Disponível em: <[pinturaounao.wordpress.com/2012/06/28/jose-bizarro-biografia/](http://pinturaounao.wordpress.com/2012/06/28/jose-bizarro-biografia/)>. Acesso em 20 de abr. 2021.

Quadro 13 - Identificação dos danos na obra Sem Título (1971) de José Bizarro

<b>Identificação de danos</b>	<b>Fatores Intrínsecos</b>	<b>Fatores Extrínsecos</b>
<b>Tendência à deformação</b>	Material (platex)	T e UR
<b>Outras perdas e danos</b>	Grande dimensão e peso. Ausência de moldura	Armazenagem e transporte
<b>Corrosão metálica</b>	Elementos tridimensionais (pregos)	Umidade
<b>Destacamento, quebras e fissuras</b>	Elementos tridimensionais (pregos e fibras têxteis)	Armazenagem, transporte e exibição
<b>Alterações dimensionais e de cor</b>	Elementos tridimensionais (pregos, fios de seda e fios de algodão )	Umidade, Temperatura, Iluminação
<b>Sujidades e deposição de poeiras</b>	Pintura Monocromática, Tinta Acrílica, Ausência de camada de proteção	Condições ambientais, poluição

Fonte: Basaloco, 2016.

A obra Sem título (FIG.120) do pintor lisboeta Pedro Cabrita Reis (1956-), pertencente à coleção da Faculdade de Belas Artes da Faculdade de Lisboa, foi analisada por Maria Dulce Marçal Marques em 2016. Trata-se de uma obra executada em 1983 sobre platex, em têmpera vinílica, medindo 170 x 275 cm. A análise do estado de conservação apontou (FIG. 121 A, B): (i) deformação do suporte – este problema considerado o maior dano; (ii) lacunas diversas tipo perfurações e cortes, causados por grampos e pregos; (iii) intervenção anterior com integrações volumétricas (MARQUES, 2016).

A dificuldade de informações acerca da adequada metodologia para a conservação de obras sobre este tipo de suporte foi destacada pela pesquisadora.

A procura de informação documentada, especificamente para o platex, efetivamente, não foi bem sucedida. Para colmatar esta dificuldade, foi realizada uma recolha de informação de metodologias sobre patologias em materiais (madeira, papel, têxteis e placas formadas a partir de madeira – MDF), de modo a partir de pressupostos comparativos para completar esta lacuna através de uma metodologia dedutiva (MARQUES, 2016, p. 43).

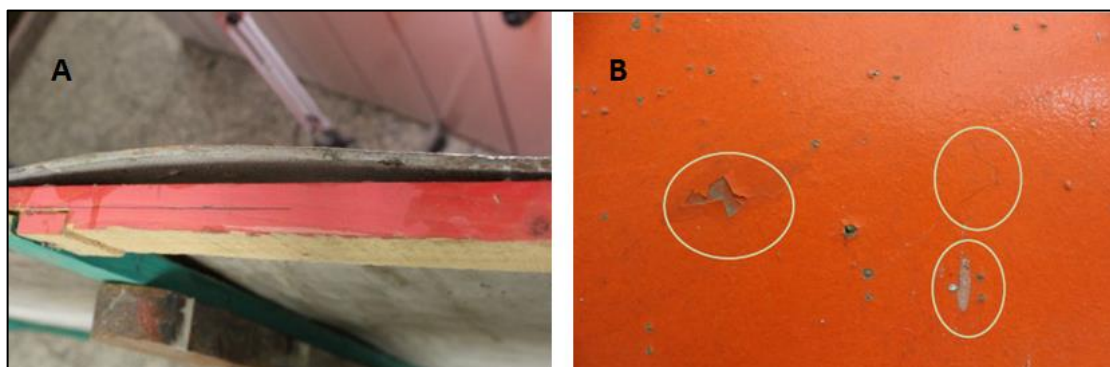


Figura 120 - Obra: Sem Título, 1983.



Fonte: Marques, 2016. Artista: Pedro Cabrita Reis  
 A - Frente da obra  
 B - Verso da obra

Figura 121 - Estado de conservação da Obra Sem Título.



Fonte: Marques, 2016. Artista: Pedro C. Reis  
 A - Deformação suporte  
 B - Furações, manchas e desprendimentos.

Realmente, importantes artistas modernos e contemporâneos desenvolveram obras expressivas usando *hardboard* como suporte. Em 2008, o Museu de Arte Moderna de Nova York (MoMA) realizou a exposição *Joan Miró: Painting and Anti-Painting 1927–1937*. A exposição foi organizada de forma a apresentar a obra de Miró (1893-1983) conforme a técnica e materiais empregados, adotando agrupamentos próprios

do artista, expondo 12 séries criadas entre 1927 e 1937. Este período corresponde ao tempo em que o pintor viveu em Paris e em Barcelona. A mostra inicia apresentando um conjunto de obras criadas em 1927 e conclui com a pintura singular e alucinatória de 1937, *Natureza-Morta*, uma obra que estabelece um marco histórico para o período de uma década de experimentação (MoMA, 2008). Dois exemplares destas séries foram executados em Masonite:

1. A série *Small Paintings on Masonite and Coper* (FIG. 122) 1935 - 1936.

Eleven small paintings on alternating panels of copper and Masonite — a board made of wood chips, for building and other commercial uses—that Miró created between October 1935 and May 1936 are presented in this gallery. In letters to his dealer, Pierre Matisse, concerning this series, Miró emphasized the meticulous nature of his technique and the solidity of the supports on which he was working; these supports offered, in his words, “maximum resistance.” The exquisitely precise execution of these diminutive paintings belies their thematic brutality. Color throughout the series is high-keyed, intense, and acidic. Modeling is employed summarily, lending a quasi-physical presence to the silly yet horrifying, grotesquely deformed figures that populate these jewel-like landscapes (MoMA, 2008, p. 5).<sup>40</sup>

2. A série *Paintings on Masonite* (FIG. 123), 1936.

Between mid-July and mid-October 1936, Miró worked steadily on a series of mixed-medium paintings of uniform size executed on Masonite panels, seven of which are presented in this gallery. He began these works just days before the outbreak of the Spanish Civil War on July 17 and 18, and it has long been suggested that these works represent Miró’s response to the emotional and physical turmoil in his homeland, although the artist insisted that they were produced “despite the current events.” In these works, narrative is replaced by a heightened emphasis on texture and materials, including oil and enamel paints, casein, tar, sand, and pebbles. Miró sometimes

---

<sup>40</sup> Nesta galeria, são apresentadas onze pequenas pinturas sobre painéis alternados de cobre e Masonite - um painel produzido a partir de aparas de madeira, para construção e outros usos comerciais - que Miró criou entre outubro de 1935 e maio de 1936. Em cartas ao seu concessionário, Pierre Matisse, a respeito desta série, Miró destacou o caráter meticuloso de sua técnica e a solidez dos suportes sobre os quais trabalhava; esses apoios ofereciam, em suas palavras, “resistência máxima”. A execução primorosamente precisa dessas pinturas diminutas desmente sua brutalidade temática. As cores em toda a série são agudas, intensas e ácidas. A modelagem é empregada sumariamente, emprestando uma presença quase física às figuras tolas, porém horripilantes e grotescamente deformadas que povoam essas paisagens que parecem joias. Tradução nossa.

violently attacked his Masonite panels, gouging craters into their fibrous matrix, creating irreversible marks and conveying a sense of raw immediacy.<sup>41</sup>

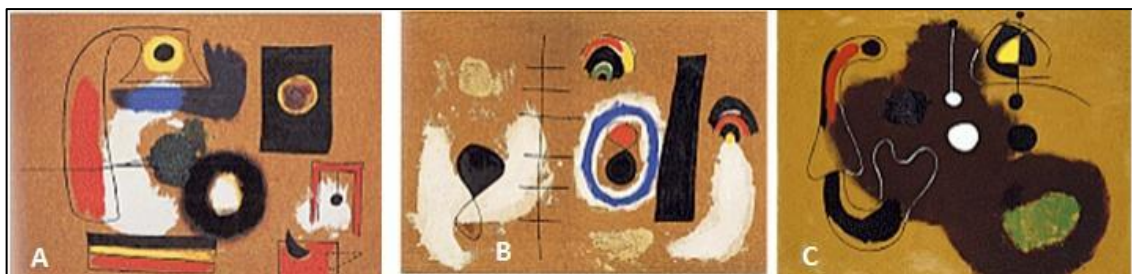
Figura 122 - Algumas obras da Série *Small paintings on Masonite and Coper*



Fonte: MoMA, 2008.

- A) *Personages and Mountains*. Tempera. Dimensão: 30,2 x 25,1 cm. Técnica: Tempera sobre Masonite.
- B) *Figures in the Presence of a Metamorphosis*. Dimensão: 50,2 x 57,5 cm. Técnica: Tempera sobre Masonite.
- C) *Personagens Attracted by Forms or a Mountain*. Dimensão: 33 x 50,2 cm Técnica: Tempera sobre Masonite.

Figura 123 - Algumas obras da série *Paintings on Masonite*



Fonte: MoMA, 2008.

---

<sup>41</sup> Entre meados de julho e meados de outubro de 1936, Miró trabalhou continuamente em uma série de pinturas de meio misto de tamanho uniforme executadas em painéis Masonite, sete das quais são apresentadas nesta galeria. Ele começou essas obras poucos dias antes da eclosão da Guerra Civil Espanhola, em 17 e 18 de julho, e há referências de que essas obras representam a resposta de Miró à turbulência emocional e física em sua terra natal, embora o artista tenha insistido que foram produzidas “Apesar dos eventos atuais.” Nessas obras, a narrativa é substituída por uma maior ênfase na textura e nos materiais, incluindo tintas a óleo e esmalte, caseína, alcatrão, areia e seixos. Miró às vezes atacava violentamente seus painéis de Masonite, cavando crateras em sua matriz fibrosa, criando marcas irreversíveis e transmitindo uma sensação de imediatismo bruto.

- A) *Painting, Montroig and Barcelona*. Óleo, Caseína, Areia e Breu.
- B) *Painting, Montroig and Barcelona*. Óleo, Caseína, Areia e Breu.
- C) *Painting, Montroig and Barcelona*. Óleo, Caseína, Areia e Breu.

Outros artistas utilizaram a chapa dura como suporte pictórico (FIG. 124, 125) a exemplo de Diego Rivera (1886-1957) e Jackson Pollock (1912-1956).

Figura 124 - *El Cargador de Flores*, Diego Rivera (1935)



Fonte: Museu de Arte Moderna de São Francisco, 2021<sup>42</sup>

Dimensão: 121,9 x 121,3 cm.  
Técnica: Óleo e tempera sobre Masonite

---

<sup>42</sup> Disponível em: <https://www.sfmoma.org/artists-artworks/> Acesso em 10 dez 2021.

Figura 125 - *Going West*, ca 1934-35, Jackson Pollock



Fonte: Smithsonian American Art Museum<sup>43</sup>

Dimensão: 38,3 x 52,7 cm  
Técnica: óleo sobre Masonite.

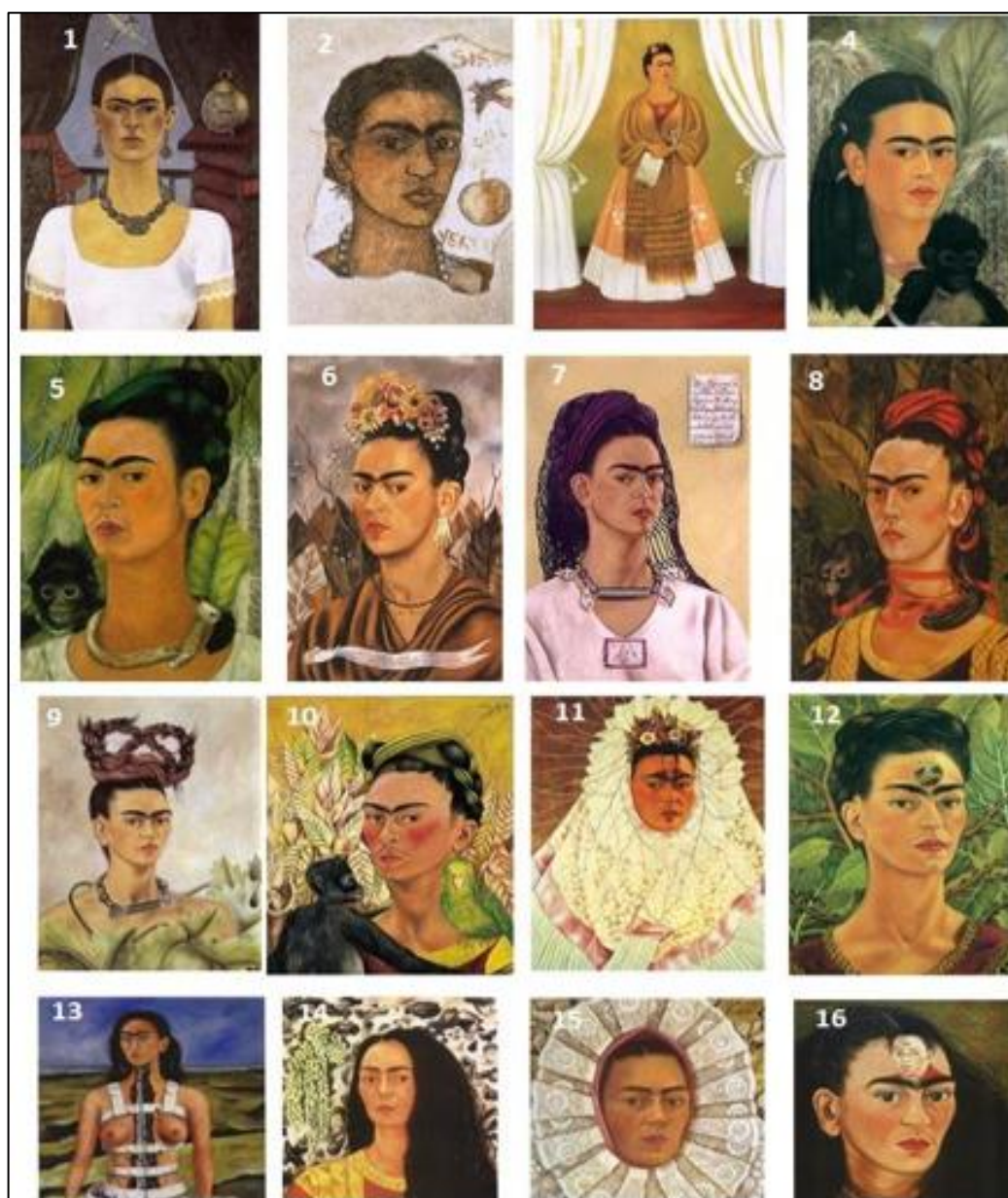
Frida Kahlo (1907-1954) desenvolveu inúmeras obras em painéis de chapa dura, utilizando na maioria das vezes tinta a óleo. Relacionamos 16 trabalhos da artista, de 1929 a 1949, destacando seus famosos autorretratos executados sobre Masonite em pequenas dimensões (FIG. 126).

A ficha técnica de cada obra está descrita no Quadro 15.

---

<sup>43</sup> Disponível em: < <https://americanart.si.edu/artwork/going-west-19820> > Acesso em: 10 dez 2021.

Figura 126 - Autorretratos de Frida Kahlo em Masonite



Fonte: WikiArt, 202044.

---

<sup>44</sup> Disponível em: <[wikiart.org/pt/paintings-by-media/masonite#!#filterName:all-works.viewType:masonry](http://wikiart.org/pt/paintings-by-media/masonite#!#filterName:all-works.viewType:masonry)>. Acesso em 20 nov. 2020.

Quadro 14 - Relação dos autorretratos de Frida Kahlo apresentados nas Figura 122

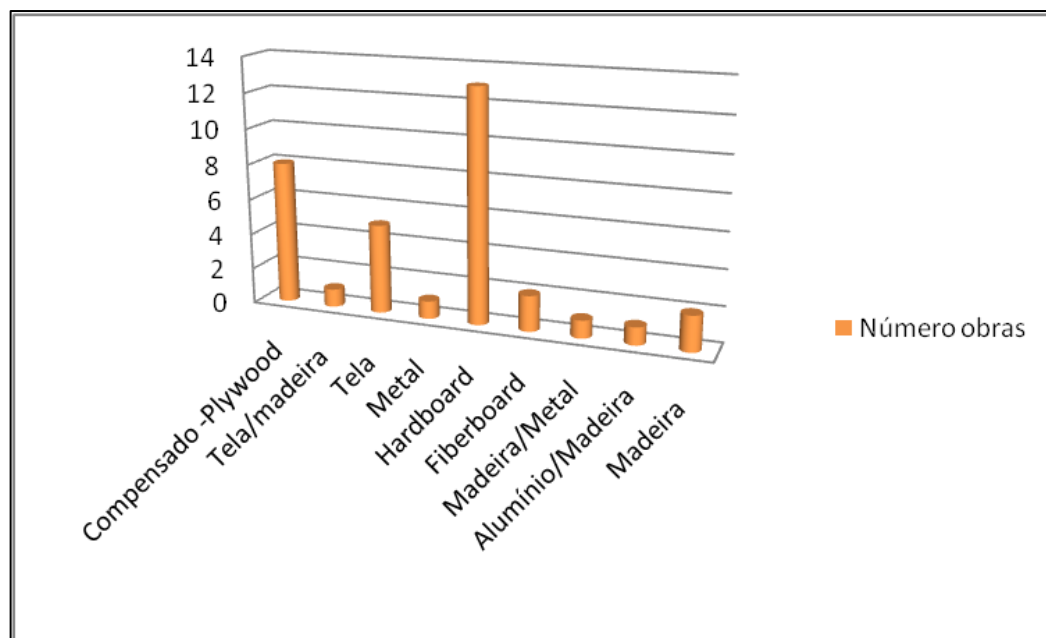
REF	Obra	Data	Técnica	Medida cm	Localização
1	Autorretrato <i>Tiempo vuela</i>	1929	Afresco, Masonite	23 x 22	Coleção particular
2	Autorretrato <i>Muifeia</i>	1933	Afresco, Masonite	23 x 22	Coleção particular
3	Autorretrato dedicado a <i>Leon Trotsky</i>	1937	Óleo, Masonite	87 x 70	<i>National Museum Women in the Arts</i>
4	<i>Fulang-Chang y Yo</i>	1937	Óleo, Masonite	40 x 28	Museu de Arte Moderna
5	Autorretrato com um <i>Mono</i>	1938	Óleo, Masonite	40,6 x 30,5	<i>Albright-Knox Art Gallery (NY)</i>
6	Autorretrato dedicado al <i>Dr. Eloesser</i>	1940	Óleo, Masonite	59,5 x 40	Coleção particular
7	Autorretrato dedicado al <i>Sigmund Firestone.</i>	1940	Óleo, Masonite	61 x 43	<i>Violet Gershenson Collection (NY)</i>
8	Autorretrato com um <i>Mono</i>	1940	Óleo, Masonite	55,2 x 43,5	Coleção particular
9	<i>Self Portrait with Braid</i>	1941	Óleo, Masonite	51 x 38,7	<i>Jacques and Natacha Gelman collection (México)</i>
10	Autorretrato com <i>mono y perico</i>	1942	Óleo, Masonite	54,6 x 43,2	<i>Museu de Arte Latino Americana (Buenos Aires)</i>
11	Autorretrato com <i>Tehuana</i>	1940-43	Óleo, Masonite	76 x 61	<i>Jacques and Natacha Gelman collection (México)</i>
12	Pensando em <i>la Muerte</i>	1943	Óleo, Masonite	44,5 x 37	<i>Dolores Olmedo Collection (México)</i>
13	<i>La Columma Rota</i>	1944	Óleo, Masonite	43 x 33	<i>Dolores Olmedo Collection (México)</i>
14	Autorretrato com <i>el pelo suelto</i>	1947	Óleo, Masonite	61 x 45	<i>Des Moines Art Center (US)</i>
15	Autorretrato	1948	Óleo, Masonite	50 x 39,5	<i>Samuel Fastlicht Colletion (México)</i>
16	<i>Diedo y Yo</i>	1948	Óleo, masonite	29,5 x 22,4	Coleção particular

Fonte: WikiArt, 2020.

Artistas do movimento Concretista, adeptos dos materiais industrializados, também empregaram diversos suportes rígidos, com destaque para os painéis de chapa dura (BRANCO, 2019).

Com o objetivo de ampliar pesquisas científicas sobre a estabilidade e o comportamento dos diversos materiais modernos, o GCI iniciou em 2007 o projeto *Modern and Contemporary Art Research Initiative*. Este projeto se estendeu até a América Latina com a participação brasileira e argentina, através do LACICOR/UFMG e do *Instituto de Investigaciones sobre el Patrimonio Cultural*, da *Univerddidad Nacional de San Martin*. A publicação *Making Art Concrete. Works from Argentina e Brasil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros*, produto do projeto, apresenta as obras referenciando os materiais (GOTTSCHALLER *et al.*, 2017). Dentre os suportes empregados, estão relacionados o compensado, a chapa dura, o painel fibra (FIG. 127). Nota-se o emprego dos PIDM (QUADRO 16) com destaque para a chapa dura e compensado como suporte.

Figura 127 - Tipologia de suportes do Projeto *Making Art Concrete. Works from Argentina e Brasil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros*



Fonte: a autora , 2019



Quadro 15 - Relação das obras, artistas e suportes empregados relacionados na publicação *Making Art Concrete. Works from Argentina e Brasil in the Colección Patricia Phelps de Cisneros*.

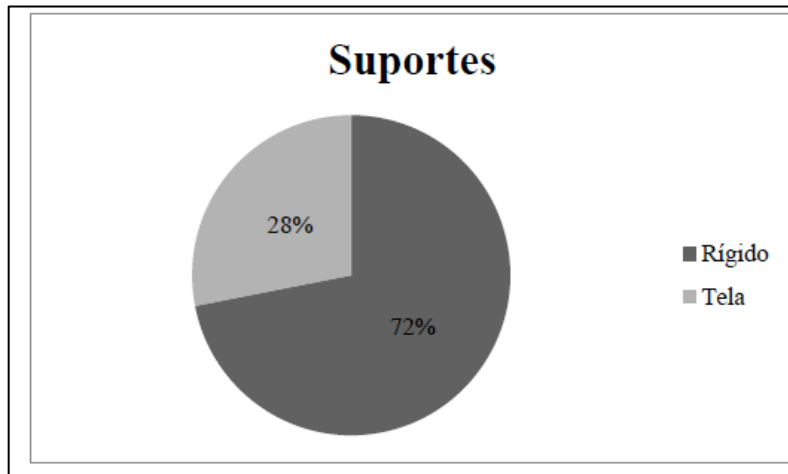
Obra	Artista	Data	Material do suporte
Trio nº. 2	Carmelo A. Quin	1951	Compensado (plywood)
Construção 6	Aluísio Carvão	1955	Compensado (plywood)
Construção 8	Aluísio Carvão	1955	Chapa dura - (hardboard)
Cromática 6	Aluísio Carvão	1960	Chapa dura - (hardboard)
Superfície Farfalhante	Aluísio Carvão	1960	Compensado (plywood) e madeira
Composição nº 5	Lígia Clark	1954	Tela e madeira
Planos em superfície modulada	Lígia Clark	1956	Compensado (plywood)
Casulo nº 1	Lígia Clark	1956	Metal
Ideia visível	Waldemar Cordeiro	1956	Chapa dura - (hardboard)
Objeto Plástico	Geraldo de Barros	1952	Madeira
Função diagonal	Geraldo de Barros	1952	Chapa dura - (hardboard)
Composição modulada	Willys de Castro	1954	Chapa dura - (hardboard)
Objeto ativo	Willys de Castro	1959	Madeira
Objeto ativo (cubo vermelho/branco)	Willys de Castro	1962	Compensado (plywood)
Alternado 2	Hermelindo Fiaminghi	1957	Chapa dura - (hardboard)
Seccionado nº1	Hermelindo Fiaminghi	1958	Chapa dura - (hardboard)
Ritmos Cromáticos II	Alfredo Hlito	1947	Tela
Curvas e séries retas	Alfredo Hlito	1948	Tela
Ritmos Cromáticos III	Alfredo Hlito	1949	Tela
Concreto 36	Judith Lauand	1956	Compensado (plywood)
Concreto 61	Judith Lauand	1957	Chapa dura - (hardboard)
Quatro grupos de elementos	Judith Lauand	1958	Chapa dura - (hardboard)
Relevo nº 30	Raúl Lozza	1946	Madeira e metal
Composição 208	Tomás Maldonado	1955	Tela
Três zonas e dois temas circulares	Tomás Maldonado	1953	Tela
Marco recortado nº 2	Juan Melé	1946	Chapa dura - (hardboard)
Planos concretos nº 35	Juan Melé	1948	Madeira e Chapa dura - (hardboard)
Sem título	Hélio Oiticica	1957	Madeira e painel de fibras (fiberboard)
<b>Monocromático vermelho</b>	Hélio Oiticica	1959	Chapa dura - (hardboard)
<b>Retângulo amarelo</b>	Rhod Rhothfuss	1955	Chapa dura - (hardboard) e papelão
<b>Concreção 58</b>	Luiz Sacilloto	1958	Alumínio e madeira
<b>Sem título</b>	Gregório Vardanega	1948	Painel de fibras (fiberboard)

Fonte: Gottschaller; Blanc, 2017.

A tese de Maria Alice Castello Branco (2019) detalha os materiais industriais, as tintas e os suportes empregados na arte Concreta e Neoconcreta Brasileira. Investiga as obras dos artistas: Waldemar Cordeiro (1925-1973), Luiz Sacilotto (1924-2003), Hermelindo Fiaminghi (1920-2004), Judith Lauand (1922-2022), Hélio Oiticica (1937-1980), Aluísio Carvão (1920-2001), Lygia Pape (1927-2004) e Willys de Castro (1926-1988). Dentre as obras selecionadas para estudo há também predominância dos suportes rígidos sobre a tela (FIG. 128), e do *hardboard* sobre (FIG. 129) os outros materiais de suporte.

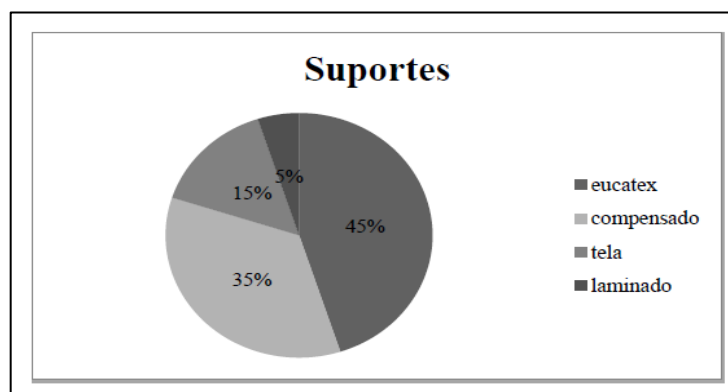
Dentre essas obras, portanto, é considerável a superioridade numérica de pinturas sobre suportes rígidos (17 pinturas), em detrimento de pinturas sobre suportes flexíveis (03 pinturas em tela). Os suportes rígidos mais utilizados foram os painéis de fibras de madeira, conhecidos popularmente por Eucatex, encontrados em maior número de obras (10 pinturas), seguidos pelos painéis de compensado (07 pinturas) (BRANCO, 2019, p.99).

Figura 128 - Relação quantitativa dos suportes rígido e tela no estudo de Maria Alice C. Branco



Fonte: Branco, 2019.

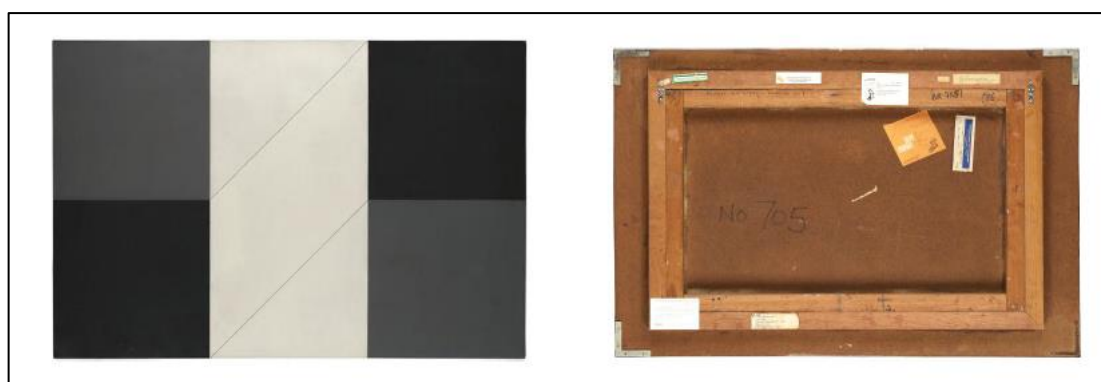
Figura 129 - Tipologia de suportes rígidos identificadas no estudo de Maria Alice C. Branco



Fonte: Branco, 2019.

Importante destacar na pesquisa apresentada por Branco (2019) o reconhecimento dos artistas pela necessidade de preparação do suporte. Além de efeitos estéticos, como pintar o verso e o anverso com cores semelhantes, era comum colocar estruturas de reforço. A pesquisadora destaca a fragilidade das quinas desprotegidas de obras executadas em chapa dura. Esclarece que o uso de molduras, incomum em obras desta fase, às vezes era utilizado, a exemplo de algumas obras Sacilotto. Este fato sinaliza uma preocupação do artista com a “manutenção e preservação da integridade física de seus quadros” (BRANCO, 2019, p. 127). Na obra de Lygia Clark (1920-1988) Plano em superfície Modulada n. 8 (FIG. 130), percebe-se em cada canto do suporte, pequenas peças de metal em formato de L, empregadas como proteção para esta região, reconhecidamente vulnerável.

Figura 130 – Frente e Verso da obra Plano em Superfície Modulada N.8.



Fonte: Branco, 2019.

Artista Lygia Clark. MAM-Rio

Na imagem do verso percebe-se as cantoneiras metálicas aplicadas nas quinas como sistema de proteção.

O estudo das vulnerabilidades do suporte em chapa dura passa pelo entendimento das suas características físicas, pelo local de exposição e pela análise das técnicas aplicadas pelos artistas. Em diagnósticos de conservação e restauro a análise do verso é fundamental. Através dele, pode-se identificar processos de deterioração antes que estes atinjam a camada pictórica.

### 3.6 Os painéis de MDF na arte

Os painéis de MDF tem sua produção e comercialização recentes. Como já investigado nesta pesquisa, a primeira fábrica de MDF data de 1967, em Deposit, Nova York. No Brasil o material começou a ser produzido na década de 90. Sendo assim, seu uso como suporte pictórico é o mais recente dentre os PIDM.

Na arte contemporânea encontramos o painel de MDF empregado em obras bidimensionais, tridimensionais e instalações, a exemplo da série Esculturas Gráficas (Fig. 131), de José Bechara (1957-).

Figura 131 - *Full*, 2010 (da série Esculturas Gráficas)



Fonte: <http://josebechara.com/esculturas-graficas/>

Obra em madeira de balsa, MDF e pintura acrílica. Dimensões variáveis. Coleção do artista. Vista da exposição *Full* na Galeria Marília Razuk, em São Paulo. Registro fotográfico: Everton Ballardin.

A artista paulista de Santo André, Sandra Cinto (1968-) apresentou na exposição organizada pelo Itaú Cultural (11 de março de 2020 até 14 de novembro de 2020), com curadoria de Paulo Herkenhoff, uma panorâmica de 30 anos de trabalho. Dentre as obras expostas destacamos a composição Noite de Esperança (FIG. 132). A obra é composta por seis placas de MDF individuais, que se complementam ao se apresentarem juntas. “Uma das leituras possíveis para isso pode ser a do espaço infinito que o desenho pode ocupar, sendo esse espaço físico ou dentro de nossa própria imaginação” (ITAÚ CULTURAL, 2020).

Figura 132 - Obra: Noite de Esperança, 2006.



Fonte: Coleção Acervo Banco Itaú. Fotografia: Ricardo Amado<sup>45</sup>, 2020.

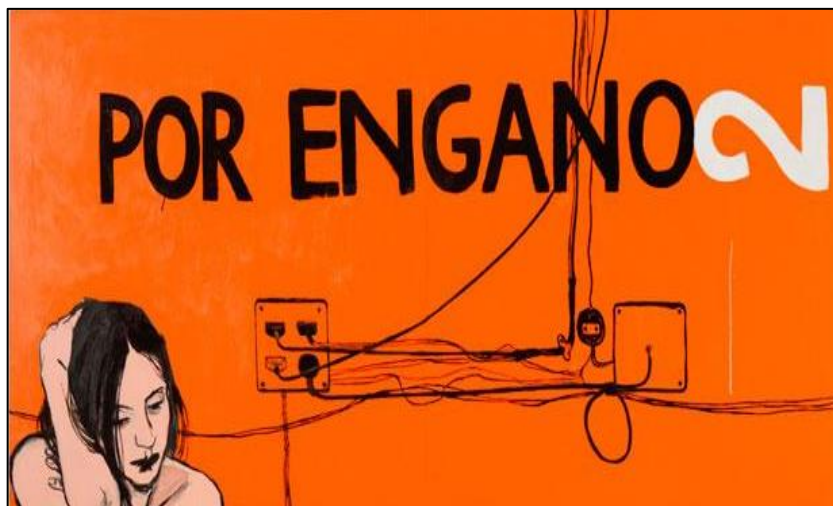
Artista: Sandra Cinto.  
Técnica: acrílica e caneta permanente sobre MDF  
Dimensão: 185 x 275 cm.

---

<sup>45</sup> Disponível em: <<https://www.itaucultural.org.br/secoes/acervos/recortes-sobre-sandra-cinto>>. Acesso em 13 de jan 2022.

A artista Vânia Mignone (1967-) aplica sobre a placa de MDF diversas técnicas, tais como pintura acrílica, colagens e sulcos produzidos por goivas (FIG. 133, 134). O MDF aceita ser trabalhado com ferramentas de entalhes para madeira.

Figura 133 - Obra: Sem título, 2012.



Fonte: <https://www.modifica.com.br/mulheres-nas-artes-vania-mignone-casa-triangulo/#.XpnMx817nIV>.

Artista: Vânia Mignone

Técnica: Acrílica sobre MDF. Dimensão: 90 x 180 cm

Figura 134 - Obra: Sem título, 2011.



Fonte: <https://www.modifica.com.br/mulheres-nas-artes-vania-mignone-casa-triangulo/#.XpnMx817nIV>

Artista: Vânia Mignone

Técnica: Acrílica sobre MDF.

Dimensão: 80 x 160 em partes de 80 x 80 cm

Na pesquisa sobre obras em MDF encontramos nas descrições e registros informações inadequadas e confusas. A obra Espectro (2006) do artista Marwan Rechmoui (1964-), pertencente ao acervo do Museu de Arte Contemporânea da Universidade de São Paulo, é referenciada como aglomerado de madeira (MDF), acrílico, plástico e tecido (FIG. 135). Aglomerado e MDF são painéis distintos, com características de produção diferentes.

Figura 135 - Obra: Espectro, 2006.



Fonte: MAC, 2022<sup>46</sup>.

Artista: *Marwan Rechmoui*

Por ser um material de uso mais recente, tivemos dificuldade em obter referências de trabalhos de conservação e restauração em obras pictóricas sobre MDF. Através de contatos com profissionais da área da preservação, encontramos um trabalho do artista Gianfranco Cavedoni Cerri<sup>47</sup> (1928-2008) restaurado em 2015 pelas

<sup>46</sup> Disponível em: < <https://acervo.mac.usp.br/acervo/index.php/Detail/objects/22638>>. Acesso em: 11 de mai 2022.

<sup>47</sup>Gianfranco Cavedoni Cerri: nasceu em Pisa, Itália, 1928. Faleceu em 2008 em Belo Horizonte. Artista muito atuante em Minas Gerais, professor da Escola de Belas Artes. Foi muralista, ceramista, pintor, fotógrafo e restaurador. Suas primeiras experiências foram na infância, no ateliê do seu pai. Em 1951, em Belo Horizonte, trabalhou com cinema e fotografia. Nesse mesmo ano recebeu o Prêmio Medalha de Ouro em Fotografia. Iniciou seus trabalhos em Belo Horizonte. Em 1957 executou com Mário Silésio o mural do Retiro das Pedras. Apresentou diversas mostras individuais em Belo Horizonte: na Galeria Itatiaia em 1969, na Galeria Chez Bastião, em 1969 e na Galeria J. S., em 1981 entre outras exposições. Executou murais, esculturas, painéis, vitrais e restaurações a exemplo do mural para as instalações da Minas Diesel (1957); mural da Inspetoria de Trânsito (1958) e da Escola do Senai, na Cidade Industrial, em 1959. Ainda em parceria com Mário Silésio executou, em 1960, a Via Sacra da Basílica de São

profissionais Denise Camilo e Aline Torres. A obra foi executada em 2003, para o altar da Igreja de Nossa Senhora Auxiliadora, localizada no bairro Confisco em Belo Horizonte. Trata-se de um painel central medindo 368 x 550 cm, e dois laterais medindo cada 368 x 144 cm cada. Ao conversarmos com uma das restauradoras, ficou nítida a dificuldade no reconhecimento do material do suporte. No relatório de restauração consta que o suporte é provavelmente um compensado. A igreja também não possuía informações sobre o material, técnica aplicada e dados do artista, obtidos apenas pela assinatura da obra.

Os principais problemas referentes ao estado de conservação da obra, identificados pelas restauradoras, foram consequência de umidade excessiva sobre o suporte, proveniente de infiltrações no local. O relatório de Conservação e Restauo, gentilmente compartilhado para ajuda em nossa pesquisa, apresenta os seguintes danos: manchas diversas na camada pictórica (FIG.136), desprendimentos e perda de policromia (FIG. 137), inchamentos, abaulamentos, desprendimentos das fibras que compõem o painel, deformações, decomposição e perda de suporte (FIG. 138). Na fase inicial dos trabalhos, conforme consta no relatório, foi informado ao padre responsável a causa das deteriorações. Realmente, havia vazamentos provenientes do telhado que atingiram drasticamente a obra. Os reparos estruturais seriam resolvidos posteriormente, segundo o responsável pelo templo e, caso necessário, as restauradoras seriam novamente solicitadas (CAMILO, TORRES, 2015).

Figura 136 - Manchas generalizadas na obra



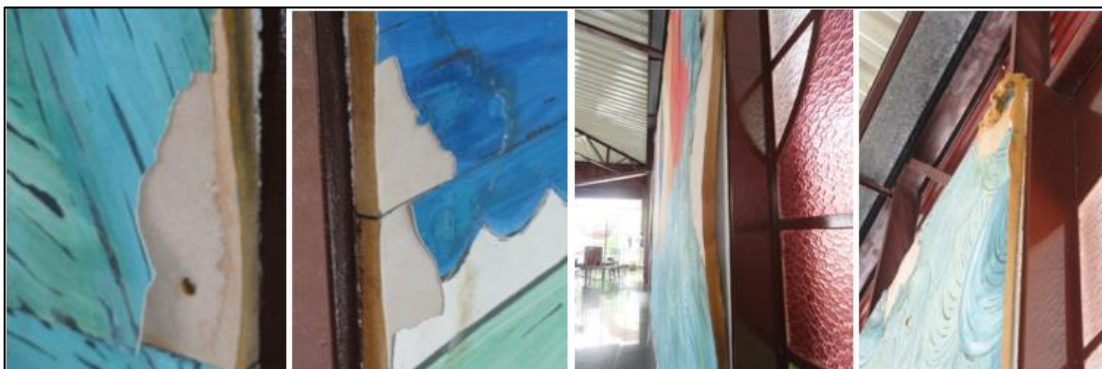
Fonte: Camilo, Torres, 2013

---

José, em Barbacena, MG. Participou, em 1979, da restauração parcial do painel externo em azulejo de Portinari na Igreja São Francisco, Pampulha em Belo Horizonte, em 1984 restaurou o painel de Portinari instalado no Pampulha late Clube. Disponível em: <https://mosaicodobrasil.tripod.com/id12.html>. Acesso em: 09/08/22.



Figura 137 - Perdas de policromia



Fonte: Camilo, Torres, 2015

Figura 138 - Deformações suporte



Fonte: Camilo, Torres, 2015.

Realizamos uma visita ao local em maio de 2022. Infelizmente, os problemas estruturais do edifício não foram devidamente sanados. A obra apresenta, novamente, danos causados pelos mesmos motivos identificados em 2015 (FIG.139). Pelo que foi informado o vazamento no telhado e problemas na calha voltaram a acontecer, provocando novos encharcamentos no suporte e, conseqüentemente, danos à obra (FIG. 140,141,142), prejudicando a apreciação da obra no seu contexto material e simbólico.

Figura 139 - Vista frontal dos painéis da Igreja Nossa Senhora Auxiliadora



Fonte: a autora, 2022.

Figura 140 - Danos: manchas, desprendimentos, abaulamentos do suporte



Fonte: a autora, 2022.

Figura 141 - Abaulamentos nas bordas dos painéis



Fonte: a autora, 2022.

Figura 142 - Danos: manchas, deformações



Fonte: a autora, 2022.

Reforça-se a importância da documentação, do acondicionamento em condições ambientais adequadas. Essas ações devem ser complementadas com vistoria e manutenção periódica dos locais de exposição. Ações preventivas evitam desastres e, conseqüentemente, protegem o bem, minimizando a necessidade de intervenções restaurativas.

### **3.7 Cronograma das obras descritas neste capítulo e relação das principais deteriorações em obras pictóricas com suportes em PIDM**

Dentre as obras apresentadas neste capítulo, acompanhando a cronologia de produção dos PIDM, temos as obras mais antigas em compensado, seguidas de aglomerado e chapa dura, e MDF, conforme apresenta o Quadro 17. São obras relativamente recentes, principalmente as executadas em MDF. No contexto da preservação de obras em PIDM faz-se necessário observação constante do estado de conservação, manter os registros dos materiais empregados, cuidar do acondicionamento, ampliar e divulgar pesquisas a respeito das técnicas e materiais aplicados.

Quadro 16 - Obras citadas no capítulo 3

Obras	Data	Artista	Suporte	
Albano, Italy	1880	Geoge Illness	Madeira Compensada Início da Produção Mundial: meados de 1800. No Brasil: 1932	
<b>Busto de Mulher</b>	1919- 1946	Abel Salazar		
La Fee Eletricité	1937	Raul Dufy		
Um casal com a cabeça cheia de nuvens.	1936	Salvado Dali		
Nu sentado em chão verde	1946	Pablo Picasso		
Pintura de Mulher	1946	Abel Salazar		
Esquiço	1946	Abel Salazar		
Guerra e Paz	1952- 1956	Portinari		
Civilização Mineira	1959	Portinari		
Prism 4	1972	J. Maria Yturralde		
Off for Honeymoon	1925	Pedro Figari	Aglomerado Início da Produção Mundial: 1920 No Brasil: 1965	
<b>Lurking Creator</b>	1951	Fritz Kuhr		
Roda de Samba	1957	Heitor dos Prazeres		
Série The Cycle	1952- 1969	Reinhold Rossing		
Meditacion	1966	Noemi Ruiz		
Santo Ingênuo	sem data	Volpi		
Descendimento de Cristo da cruz e ressurreição	1977	Yara Tupunambá		
Série Paintings on Masonite	1935- 1936	Miró		
El Cargador de Flores	1935	Rivera		
Going West	1934- 1935	Pollock		
Autorretratos	1929- 1948	Frida Kahlo	Chapa dura Início produção no Brasil: década 1950	
Superfície Modulada 8	1956	Ligia Clark		
La Massacre de Ponce	1989	Fran Cervone		
Trayetoria Luz	sem data	Noemi Ruiz		
Os Quintais	1989	Joaquim Rodrigo		
Sem título	1971	José Bizarro		
Sem título	1983	Pedro Cabrita Reis		
Nossa senhora Auxiliadora	2003	Cerri		MDF. Início da produção Mundial: 1950 No Brasil: 1998
Noite de Esperança	2006	Sandra Cinto		
Espectro	2006	Maryan Rechmoui		
Por engano	2012	Vânia Mignone		
Sem título	2011	Vânia Mignone		

Fonte: a autora, 2022.

A partir dos estudos do estado de conservação de obras pictóricas executadas sobre PIDM, organizou-se as principais deteriorações (QUADRO 18). Considerou-se o emprego de PIDM produzidos com as devidas qualidades e exigências normativas dos produtos, e as causas prováveis das deteriorações, ocorridas após o processo de pintura e acondicionamento da obra.

Quadro 17 - Relação deterioração X PIDM X Causas prováveis

Tipo deterioração	Compensado	Aglomerado MDP	Chapa Dura	MDF	Causas Prováveis
Abaulamentos	X	X	X	X	Ambientais (variação de T e UR). Estruturais
Bordas danificadas	X	X	X	X	Ambientais, manuseio inadequado e acidentais.
Contaminação Biológica	X	X	X	X	Contaminação ambiental
Corrosão Metálica	X	X	X	X	Uso de peças metálicas como pregos e parafusos
Deformação	X	X	X	X	Ambientais e estruturais
<b>Delaminações</b>	<b>X</b>				<b>Ambientais (variação de T e UR)</b>
Empenamentos	X	X	X	X	Ambientais e estruturais
Fendas	X	X	X	X	Ambientais e estruturais
<b>Fissuras Paralelas</b>	<b>X</b>				<b>Ambientais (variação de T e UR)</b>
Inchamento	X	X	X	X	Ambientais (variação de T e UR)
<b>Desprendimento de partículas</b>		<b>X</b>			<b>Ambientais. Contaminação biológica</b>
<b>Desprendimento de fibras</b>			<b>X</b>	<b>X</b>	<b>Ambientais. Contaminação biológica</b>
Infestação Biológica	X	X	X	X	Contaminação ambiental
Manchas (migrações ácidas)	X	X	X	X	Ambientais (variação de T e UR)
Decomposição	X	X	X	X	Ambientais. Contaminação biológica
Perda suporte, decomposição	X	X	X	X	Ambientais. Acidentais, Contaminação biológica

Fonte: a autora, 2022

Nota-se, que os PIDM apresentam deteriorações semelhantes. As diferenciadas (em negrito no Quadro 18 acima) são devido ao tipo de geometria da madeira que compõem cada painel.

A extensão do dano vai depender do grau da magnitude de contaminação, do tempo de exposição e da resistência do suporte.

A escolha adequada do painel de acordo com as indicações de uso dos fabricantes, o meio ambiente adequado e a estruturação correta dos suportes minimizam os efeitos provocados pelos agentes de deterioração. Em obras de grandes dimensões a estruturação é essencial para a estabilidade física dos painéis.

## **CAPÍTULO 4 PAINÉIS DE GRANDES DIMENSÕES EM BELO HORIZONTE: ESTUDO DE CASO DE OBRA DE PORTINARI E YARA TUPINAMBÁ EM PIDM**

A obra pública tem que ser pensada para se tornar uma referência dentro do caos.  
(BONOMI, 2007).

Painéis murais, pinturas parietais, muralismo e grafite, são designações de obras pictóricas de grandes dimensões aplicadas em paredes ou muros. Fazem parte da história da arte desde os primórdios, tendo cada época sua peculiaridade relacionada à técnica, aos materiais empregados e ao contexto social e cultural que representam.

O afresco apresenta-se fortemente no muralismo mexicano no século XX, com conotações políticas, sociais e culturais e propósito específico de aproximação com o público. Os pioneiros deste movimento são José Clemente Orozco (1883-1949) e Diego Rivera (1883-1957).

Após a vitória das forças revolucionárias, os primeiros governos democráticos procuraram a colaboração dos artistas para a formação cultural do povo e a reforma do ensino; pela primeira vez, um movimento artístico avançado, com uma clara orientação ideológica, desenvolve-se com apoio de forças progressivas no poder (ARGAN, 2006, p. 491).

Inserido neste contexto de obras de grande porte em edifícios públicos e privados, a "pintura pública, cujo alvo é a multidão" (LOURENÇO, 1995, p. 240), torna-se monumental e parceira do projeto arquitetônico. A arte dos painéis ganhou presença na arquitetura moderna em edificações privadas e públicas, entrando na categoria de bens integrados.

Além do uso das técnicas tradicionais, como o afresco e a azulejaria, artistas e arquitetos exploram os materiais advindos da industrialização como o aço, concreto, pastilhas, placas derivadas da madeira, entre outros. De norte a sul do Brasil temas diversos são explorados, como folclóricos, históricos, políticos e sociais, empregando diferentes técnicas. Desde os grandes centros urbanos como os painéis azulejares de Athos Bulcão (1918-2008) em Brasília; de Poty Lazzarotto (1942-1998) no Paraná; os painéis em vidrotel de Di Cavalcanti (1897-1976) no Rio de Janeiro e São Paulo; os

murais de Portinari (1903-1962) e Yara Tupynambá (1932-) em Belo Horizonte. Exemplares significativos chegaram até o interior do país, a exemplo da cidade mineira de Cataguases com painéis de Portinari, Paulo Werneck (1907-1987) e Anísio Medeiros (1922-2003). Citamos ainda obras murais de Genaro de Carvalho (1926-1971) em têmpera a ovo, realizado no Hotel Tropical da Bahia em 1950 (LOURENÇO, 1995; TUPYNAMBÁ, 2013).

#### **4.1 Os painéis de grandes dimensões e a arquitetura: expressões em Belo Horizonte**

Walter Gropius no VII Congresso Pan-Americano de Arquitetura, realizado no México em 1952, destaca a relevância da proximidade entre arquitetura e expressão artística, que deve acontecer de maneira sincronizada (GROPIUS, 1952). Esta sincronia é nomeada por Barata (2003) como “síntese das artes”:

As diversas artes integram-se, reciprocamente, em função das necessidades materiais, espirituais e emotivas do homem. A pintura, a escultura e a ornamentação (aplicações de ferro, painéis abstratos de mosaicos etc.) sobrevivem – por menos que isso seja claro aos contemporâneos – em correspondência a imperativos de ordem cultural e estética, que impedem o desaparecimento das artes e o empobrecimento que disso resultaria para espécie, tanto no plano intelectual-emotivo quanto na sensibilidade humana (Barata, 2003, p. 318).

O Conjunto Moderno da Pampulha representa a afirmação do conceito “síntese das artes”, visto que foi idealizado para ser uma “obra de arte total, integrando as obras de arte aos edifícios e estes à paisagem” (MORAIS; CARSALADE, 2014,p.11).

O Conjunto da Pampulha, todo ele projetado por Oscar Niemeyer, se constitui da Igreja devotada a São Francisco de Assis, late Clube, Cassino e Baile Público e agrupa numerosa e expressiva colaboração de pintores e escultores. A destacar, de pronto, a igreja cujas formas inesperadas oferecem aos soberbos murais de Portinari condições especiais singulares a amplas e movimentadas composições, não apenas no painel de azulejo que recobre a fachada, como o do interior, executado a têmpera e criteriosamente subordinado aos ritmos sugeridos pela curvatura da imensa parábola (CAMPOFIORITO, 2003, p. 324).



O rápido crescimento populacional e a expansão da cidade de Belo Horizonte entre os anos 50-60 alcançaram o índice de 98%, e foram perceptíveis na arquitetura da cidade tanto na verticalidade, quanto na horizontalidade (BRUAND, 1997).

Destacamos abaixo alguns edifícios da capital mineira onde painéis de grandes dimensões foram inseridos, alguns instalados após a execução da obra.

- Teatro Francisco Nunes – inicialmente chamado Teatro de Emergência foi inaugurado em 1950, no Parque Municipal Américo Renné Giannetti. Obra do arquiteto Luiz Signorelli (1896-1964) com painel em mosaico da artista plástica Elizabeth Kossovsky (1915-2003), ilustrando motivos silvestres com beija-flores, pica-paus, esquilos, tamanduás e outros animais (MATA-MACHADO, 2002).
- Tribunal de Justiça de Minas Gerais – situado à Rua Goiás no centro da capital, projetado pelo Arquiteto Raphael Hardy Filho (1917-2005), na década de 50. Possui dois painéis de Di Cavalcanti, sendo um no mezanino do saguão principal e o segundo antigo Salão do Júri, hoje auditório Ministro Carlos Fulgêncio da Cunha Peixoto (COSTA, 2010).
- DETRAN MG – edifício localizado à Avenida João Pinheiro, obra do arquiteto José Ferreira Pinto executada no final da década de 50. Possui painel em azulejos do artista Mário Silésio (1913-1990) medindo 12,5 m x 2,6 m (SILÉSIO, 2019).
- Palácio da Inconfidência, sede da Assembleia Legislativa do Estado – projeto dos arquitetos Ricardo Kohn e Paul Liberman, foi inaugurado em 1972. A artista Yara Tupynambá executou para o restaurante do edifício um conjunto de murais *Da descoberta do Brasil ao ciclo mineiro do café em azulejo*, medindo 8,85 m x 2,8 m e 7,7 m x 2,8 m. Tombado na esfera municipal em 2009, foi removido em 2011 para um espaço de maior fruição dentro do próprio edifício, o espaço político-cultural Gustavo Capanema. O procedimento executado através de um projeto inovador foi realizado pelo CECOR e LACICOR, com convênio entre a Assembleia Legislativa de Minas Gerais, a Fundação Municipal de Cultura, o Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de

Minas Gerais IEPHA-MG, o Instituto Yara Tupynambá e a própria artista (SOUZA *et al.*, 2009).

- Edifício Omni Center – localizado na avenida Pasteur, no bairro Santa Efigênia. O projeto arquitetônico foi de João Diniz e o painel em alto relevo do artista plástico Jorge dos Anjos, datado de 1994 (SOUZA *et al.*, 2009).
- Edifício da Receita Federal – situado na avenida Afonso Pena possui painel denominado *Ciclo dos diamantes*, pintado em 1977 por Yara Tupynambá. O tema é referente ao processo civilizatório e econômico da cidade de Diamantina. Originalmente, foi instalado no gabinete da Superintendência de Administração do Ministério da Fazenda de Minas Gerais e, em 1999, transferido para o saguão do prédio (SOUZA *et al.*, 2009).

Além destes exemplos citados, inúmeros outros podem ser encontrados na capital mineira. Infelizmente, alguns desaparecem no decorrer do tempo por falta de medidas preventivas eficientes. Souza *et al* (2009), relacionam as seguintes obras como perdas consideráveis ao patrimônio mineiro:

Afresco de 3 x 3m de Guignard, localizado no Palácio das Artes, onde era a Escola Guignard; afresco de 3 x 3m, de Inimá de Paula, localizado na UFMG; mural de cerâmica de 7 x 2,5 , de Mário Silésio, localizado no Edifício da Delegacia de Entorpecente, na Avenida Antônio Carlos; Pintura de Angel Carreteiro, localizada na Capela do Colégio Santo Agostinho, painel de 5 x 1, de Mário Silésio, localizado em prédio multifamiliar, entre Rua São Paulo e Tamoios; mural de Yara Tupynambá na antiga Câmara de Municipal de Belo Horizonte (SOUZA, *et al*, 2009, p. 5).

#### **4.2 Estudo de caso 1: A obra Frevo de Portinari**

Cândido Portinari nasceu na cidade de Brodósqui, São Paulo em 1903, e faleceu no Rio de Janeiro em 1962. Sua trajetória como grande muralista iniciou em 1936, quando realizou o painel do Monumento Rodoviário. Obteve destaque no âmbito nacional e internacional com as obras: (i) os painéis série do Ministério da Educação e Cultura (MEC) no Rio; (ii) as obras da Rádio Tupi, em São Paulo e no Rio de Janeiro; (iii) painéis do Pavilhão Brasileiro na feira de Nova York (LOURENÇO, 1995).

Mário Pedrosa (1981) pontua que a finalidade plástica e poética na obra de Portinari culmina com os painéis murais.

Os afrescos ou os murais em Portinari são sempre um momento de síntese na curva de sua evolução criadora. Diante de cada muro que tem de cobrir, parece que vai concluir, servindo-se de toda experiência acumulada, mas é só uma parada provisória...enquanto não retoma a sua marcha para frente. Nesses painéis de agora a intenção profunda do artista não é mais definir formas abstratas, mas produzir formas à abstração criadora. As suas finalidades já não são puramente construtivistas, num sentido de montagem ou de estrutura, mas a criação é livre. É a sua fase de libertação criadora, a conversão do plástico no abstrato dentro da matéria pictórica (PEDROSA, 1981, p.19).

Em Belo Horizonte realizou obras para a Igreja de São Francisco, projeto do arquiteto Niemeyer. O edifício é integrante do Conjunto Arquitetônico da Pampulha, considerado Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO em 2016. Na parede de fundo do altar do templo destaca-se o mural em afresco, no exterior os murais azulejares. Utilizando os PIDM como suporte Portinari trabalha os quadros da Via Sacra em madeira compensada, já apresentados anteriormente nesta pesquisa.

Em 1961, Portinari criou a obra *Frevo*, um painel de 3,00 x 4,01 m, composto por 8 peças de madeira compensada para o Pampulha late Clube, também projeto arquitetônico de Niemeyer. Em 1986, o painel foi removido do local original, na Pampulha, e transferido para o hall principal da galeria do clube, localizado na Rua Cláudio Manoel 1185, região sul de Belo Horizonte. Esta é uma das vantagens da utilização de chapas industrializadas de madeira, pois, dependendo do sistema de fixação, permite a remoção e reinstalação em novo local sem danos à obra. O painel está referenciado no site do Projeto Portinari como pintura a óleo sobre madeira (FIG. 143).

Figura 143 - Obra: Frevo



Fonte: <http://www.portinari.org.br/#/acervo/obra/2495/detalhes>

Em 29 de outubro de 2019 foi realizada uma visita técnica ao local de exposição da obra *Frevo* (FIG. 144), para avaliação das condições de acondicionamento e estado de conservação. O diagnóstico foi elaborado a partir de avaliações organolépticas, informações coletadas no local e fotografias.

Figura 144 - Painel Frevo de Candido Portinari



Fonte: A autora, 2019.

O painel está instalado no hall de entrada do edifício, a 6 metros da porta de entrada. Precisamente, em frente à porta que fica constantemente aberta. No mesmo andar funcionam a galeria de arte e o restaurante do clube. O edifício fica aberto das 7:00 às 23:30 horas. Acima da porta de entrada existe um equipamento de cortina de ar

(FIG. 145), cuja função principal é isolar a temperatura interna do ambiente externo, garantindo isolamento térmico, mesmo com as portas abertas. Também serve como barreira contra fumaça, poeira e insetos. Este sistema demonstra ser eficiente para o controle ambiental. Porém, segundo informações da equipe que trabalha no local ele é muito pouco utilizado, ficando desligado a maior parte do tempo. As portas de entrada ficam abertas, inclusive em dias chuvosos. No momento da visita sentimos forte odor de temperos próximo ao painel.

Figura 145 - Entrada do edifício



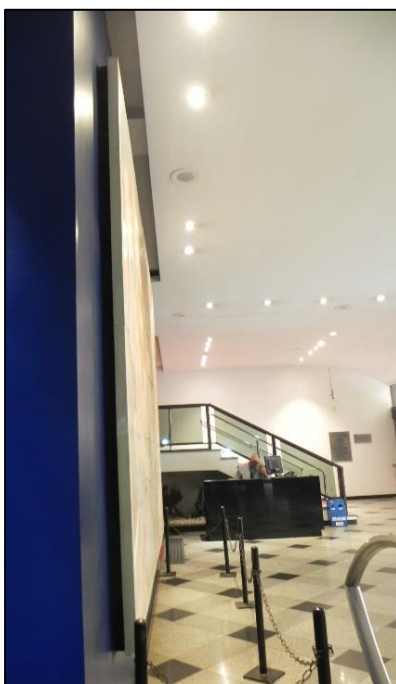
Fonte: a autora, 2019.

A partir da observação da lateral, verifica-se que a obra está fixada por uma estrutura de madeira que mantém um afastamento de 6 cm entre a parede e o suporte pictórico, o que é um bom recurso de condicionamento. Está instalada atrás da parede que contém a caixa de elevadores. O painel de compensado possui um reforço estrutural em madeira (FIG. 146, 147). Não encontramos fotos do verso para uma avaliação mais completa. Pesquisas mostram que Portinari preparava seus suportes juntamente com seus assistentes, e empregava base de preparação à base de cola animal.

Apesar da preponderância da tela como suporte para a pintura a óleo, Portinari usou também o papel cartão e a madeira, como o cedro contraplacado ou o compensado naval, estes últimos usados principalmente como suporte para pinturas maiores. De acordo com

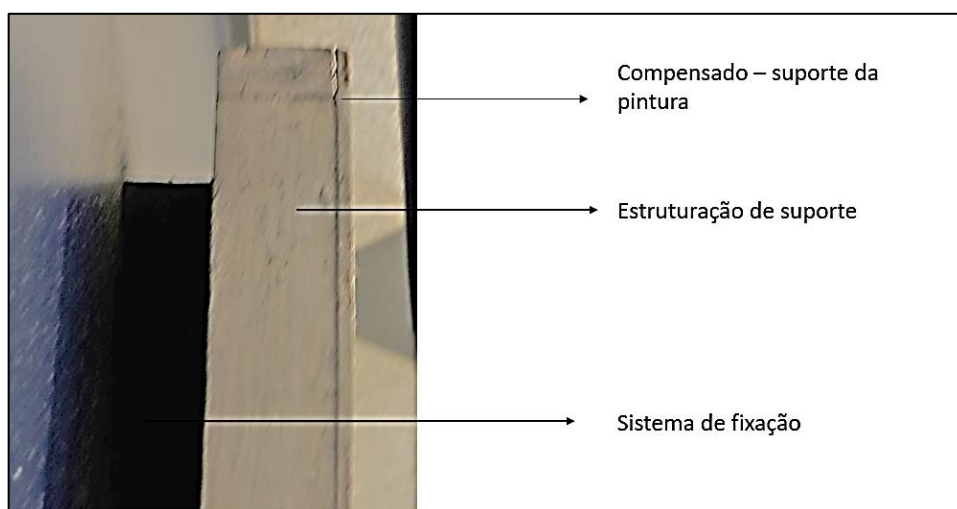
Enrico Bianco e Luiz Ventura esses suportes eram preparados de maneira bem simples: aplicava-se com pincel uma camada de cola de coelho como encolagem e, depois, uma ou duas camadas da mesma cola, mais diluída misturada ao gesso-crê, que servia de fundo ROSADO 2011,p. 208).

Figura 146 - Lateral do painel



Fonte: a autora, 2019.

Figura 147 - Detalhe afastamento da parede



Fonte: a autora, 2019.

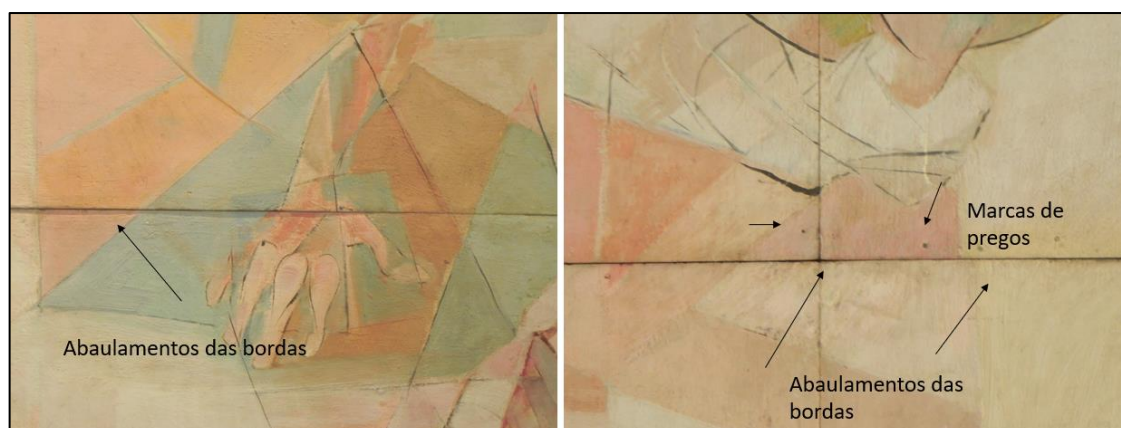
Os principais problemas observados em relação ao suporte foram: empenamentos e flexão, principalmente nas bordas, causando desencontro e frestas nas junções (FIG. 148). Os pregos utilizados para montagem da obra são visíveis e marcam a pintura, podendo ainda, causar danos devido a oxidação e desprendimento de policromia. Percebe-se algumas linhas horizontais, acompanhando o sentido das fibras, provenientes do suporte, provocando levantamento e relevo na pintura. Também foram identificados: sujidades, desgastes, trincas, e perdas na camada pictórica. Nas áreas de perda de policromia fica visível uma base branca (FIG. 149, 150 e 151).

Figura 148- Painel Frevo: Abaulamento/movimentações das bordas



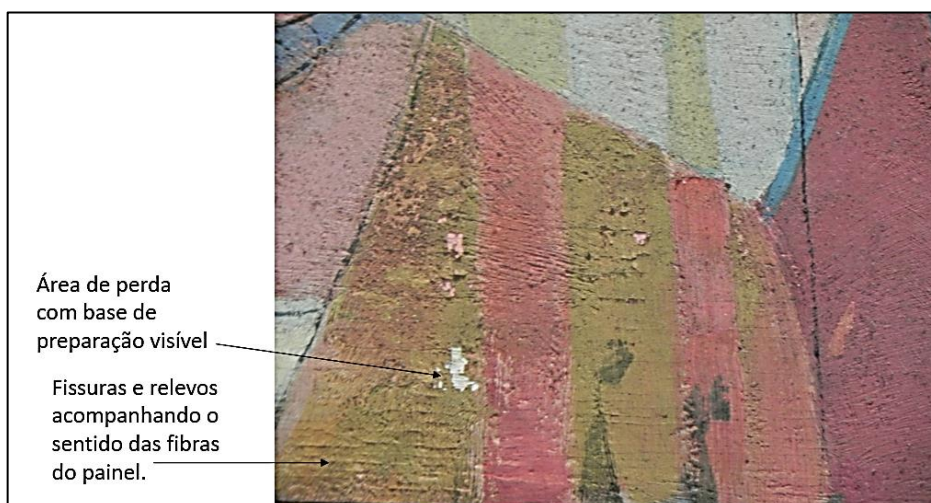
Fonte: a autora, 2019.

Figura 149 - Painel frevo: deteriorações provenientes do suporte



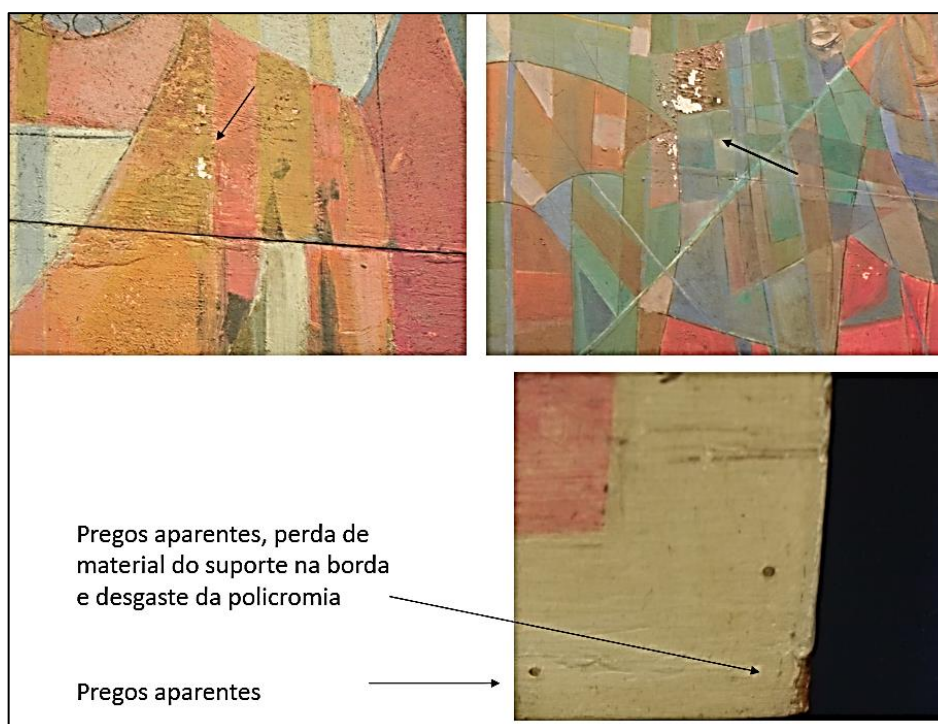
Fonte: a autora, 2019.

Figura 150 - Detalhe da camada pictórica



Fonte: a autora, 2019.

Figura 151 - Danos na camada pictórica



Fonte: a autora, 2019.

Verifica-se, que os danos apresentados acima, coincidem com os identificados em outras obras executadas sobre painéis de compensado, apresentados neste texto. Indicando um padrão de deterioração proveniente do suporte.



### 4.3 Estudo de caso 2: Painel Inconfidência Mineira, artista Yara Tupynambá

A artista mineira nasceu em Montes Claros, em 1932. Estudou com Guignard e Goeldi, foi professora de Artes e Gravurista. Possui obras em museus nacionais e internacionais. Iniciou seus trabalhos como muralista em residências particulares, e, posteriormente, foi contratada para elaborar obras de grande porte em instituições públicas (ROSADO, *et al.*, 2013).

Yara Tupynambá tem 7 painéis tombados pelo Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural de Belo Horizonte (CDPCM-BH), conforme descrito no Quadro 19.

Quadro 18 - Painéis de Yara Tupynambá tombados pelo CDPCM-BH

Obra	Data	Localização	Material e Técnica
Minas do século XVII ao século XX	1973	Assembleia Legislativa de MG	Tinta vitrificável sobre cerâmica
Ciclo do Diamante	1977	Ministério da Fazenda/Receita Federal	Vinil e pastel a óleo sobre madeira
O Trabalho Humano	1979	Unidade Administrativa 2 - FUNDEP-UFMG	Cimento. Formas de isopor
Pelos caminhos de Minas	1996	Tribunal de contas de MG	Tela colada sobre madeira. Tinta acrílica
A Inconfidência Mineira	1969	Reitoria da UFMG	Tinta acrílica sobre placas de Ocaplan
Desbravamento do Rio São Francisco	1968	Faculdade de Educação UFMG	Tinta acrílica sobre placas de Ocaplan
Entradas e Bandeira	1997	Serviço Federal de Processamento de dados	Vinil e pastel a óleo sobre madeira

Fonte: Souza *et. al.*, 2009.

De acordo com a publicação do CDPCM-BH intitulada “Conjunto de Murais da artista Yara Tupynambá” (SOUZA, *et al.*, 2009), dentre os painéis tombados, cinco foram executados sobre PIDM. Descritos nos registros como *Ocaplan*, o material é, na realidade, painel de aglomerado produzido pela OKAPLAN, empresa já extinta do grupo Placas do Paraná (OKAPLAN, 1992). Propagandas da época mostram o produto (FIG.152).

Figura 152 - OKAPLAN

**E** o mogno-brasileiro, a cedrela, a amburana. Ou, como elas são mais conhecidas: imbuia, mogno, cedro e cerejeira.


Para preservar estas e outras espécies da extinção, a Okaplan cumpre a sua parte: além de manter mais de 11 mil hectares preservados com matas nativas, planta desde 1972, nos 30 mil hectares de suas fazendas, milhões de pés de pinus e eucaliptos, com mudas criadas e desenvolvidas em viveiros próprios.

Em outras palavras, produz a matéria-prima que vai ser usada no processo de fabricação da melhor madeira aglomerada do país. Sem depredar. Sem agredir a natureza.

Para a Okaplan, tão importante quanto a qualidade dos seus produtos, tão fundamental quanto a tecnologia de uso e aplicação da madeira aglomerada, que ela introduziu e aperfeiçoou no Brasil através de altos investimentos, está a vida. O verde. O homem.

Estes são princípios que a Okaplan defende com unhas e dentes.

Há mais de 25 anos.



Fonte: Revista Silvicultura, 1992.

Yara Tupynambá executou cerca de 92 murais para diversas localidades brasileiras, sempre priorizando a função social e educativa nas representações. Deste modo, os painéis aproximam a história de Minas e do Brasil com o público (SOUZA, *et al.*, 2009).

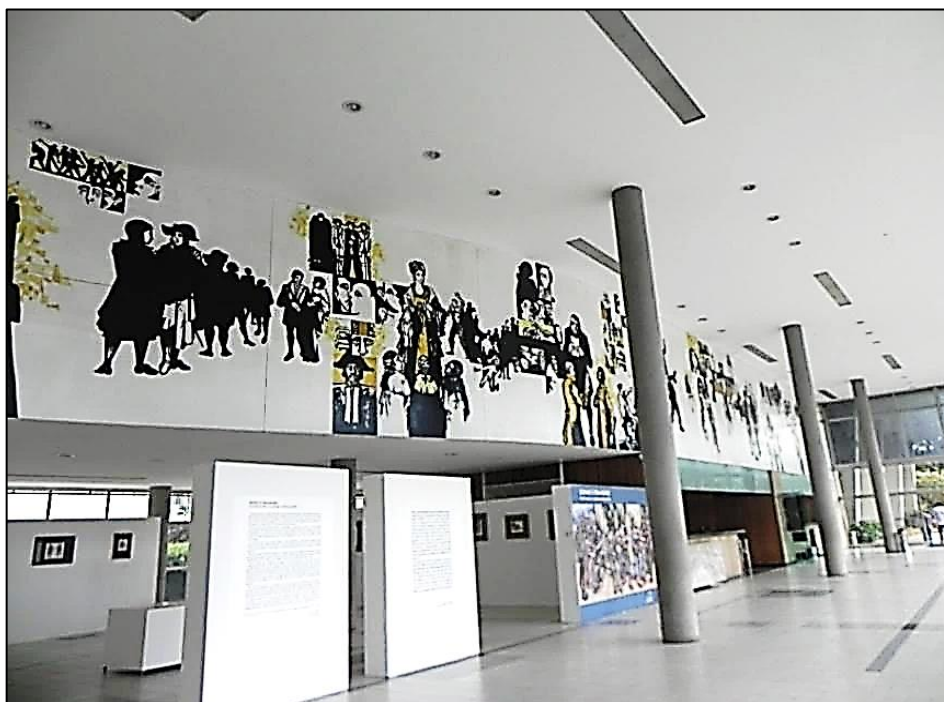
Em 28 de outubro de 2019 foi realizada visita técnica à Reitoria da UFMG, onde o painel “A Inconfidência Mineira” está instalado. As imagens abaixo (FIG.153,154) mostram o local antes e depois da inserção da obra, respectivamente.

Figura 153 - Reitoria UFMG



Fonte: Neto, 2019

Figura 154 - Painel Inconfidência Mineira

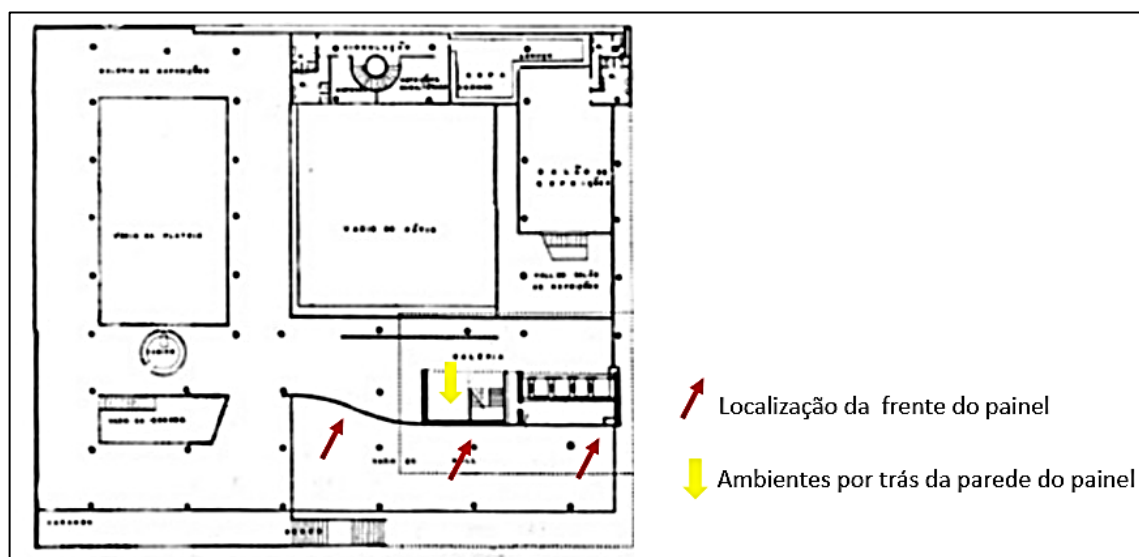


Fonte: A autora, 2019.

Verificou-se que ele está fixado diretamente à parede por meio de parafusos. A tipologia de suporte, o aglomerado de espessura fina, permitiu que o mural acompanhasse o formato curvo de parte da parede. É um painel muito extenso, medindo 4 x 40m. Apresenta um estado de conservação regular. A parede de fixação está assinalada na planta (FIG 155). Confirmamos a localizaram de Instalações sanitárias atrás da parede onde o painel está fixado (FIG. 155).

A iluminação com lâmpadas fluorescentes próximas à obra quase não é utilizada, visto que o local tem boa iluminação natural. Segundo informações dos funcionários, normalmente as lâmpadas são acesas somente entre às 18 e 19 horas.

Figura 155 - Planta Reitoria



Fonte: Fonte: Neto, 2019.

Figura 156 - Ambientes atrás da parede do painel



Fonte: a autora, 2021.

O painel foi executado com tinta industrial, aplicada sobre um fundo de tinta branca, conforme informações da própria artista em entrevista (APÊNDICE 1). Identificou-se, no encontro do painel com o piso do mezanino uma região bastante danificada, com perda de suporte e camada pictórica, provavelmente, por contato com umidade. Este foi considerado a maior deterioração da obra. Uma limpeza do piso mal orientada e descuidada pode causar este tipo de dano (FIG. 157).

Figura 157 - Perda de suporte e camada pictórica

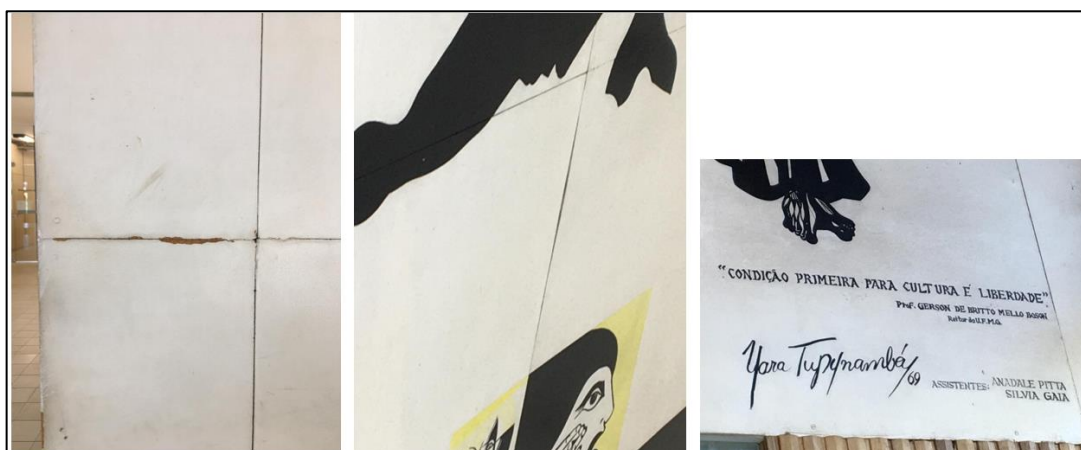


Fonte: A autora, 2019.

Suporte aparente, com as partículas do material em desprendimento.

As bordas dos painéis que compõem a pintura apresentam-se com frestas e algumas deformações, com perda de policromia (FIG. 158).

Figura 158 - Deformações nas bordas



Fonte: A autora, 2019.

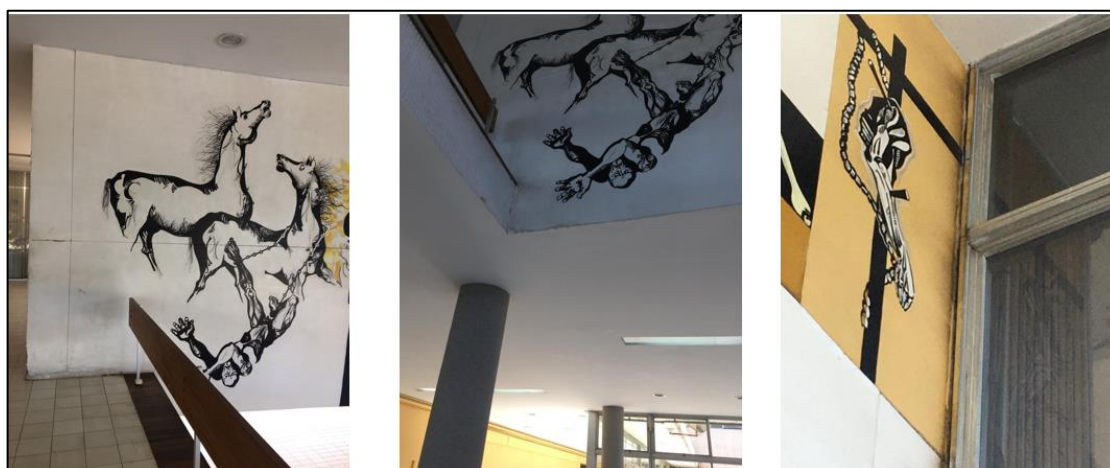
Também foi percebido as marcas dos parafusos de fixação apresentando uma elevação na região próxima (FIG. 159), além de sujidades generalizadas, manchas, presença de insetos (FIG 160).

Figura 159 - Marcas de parafusos de fixação e relevos nos painéis



Fonte: a autora, 2019.

Figura 160 - Sujidades diversas



Fonte: a autora, 2019.

A vulnerabilidade do aglomerado em relação a higroscopia foi percebida no maior dano identificado na obra Inconfidência Mineira, causando desprendimento das partículas do painel e perda de material do suporte, conseqüentemente, perda da policromia no local. Devido à localização, esta região é a única parte do painel onde o contato direto é possível, quer seja pela circulação próxima de pessoas, ou até mesmo por produtos e instrumentos de limpeza do piso.

Quanto às demais deteriorações provenientes do suporte destaca-se, principalmente, o sistema de montagem. A fixação do painel diretamente na parede com parafusos

deixa marcas e ondulações no painel. O ideal seria ter criado um afastamento e um sistema de fixação e união das chapas sem uso de parafusos na superfície da camada pictórica.

#### **4.4. Reflexões sobre fixação de painéis de grandes dimensões em paredes**

A montagem e fixação de painéis em paredes demanda, de maneira geral, observar: o tipo adequado de PIDM conforme técnica de pintura, a dimensão final da obra, peso, os encaixes, os alinhamentos dos desenhos e emendas dos painéis, o local de permanência, a possibilidade de remoção e reinstalação. Definindo o tipo ideal, e trabalhando a técnica em conformidade com as características físicas da chapa escolhida, pensar no sistema de montagem é etapa determinante para a apresentação e manutenção da obra. O local de exposição deve cumprir as exigências ambientais e T e UR adequadas, evitando paredes com tubulações hidráulicas, contato direto com piso ou locais com risco de circulação próxima de pessoas, prevenindo acidentes e possíveis abrasões. Os ambientes devem ser, prioritariamente internos, visto que esta é uma demanda dos PIDM.

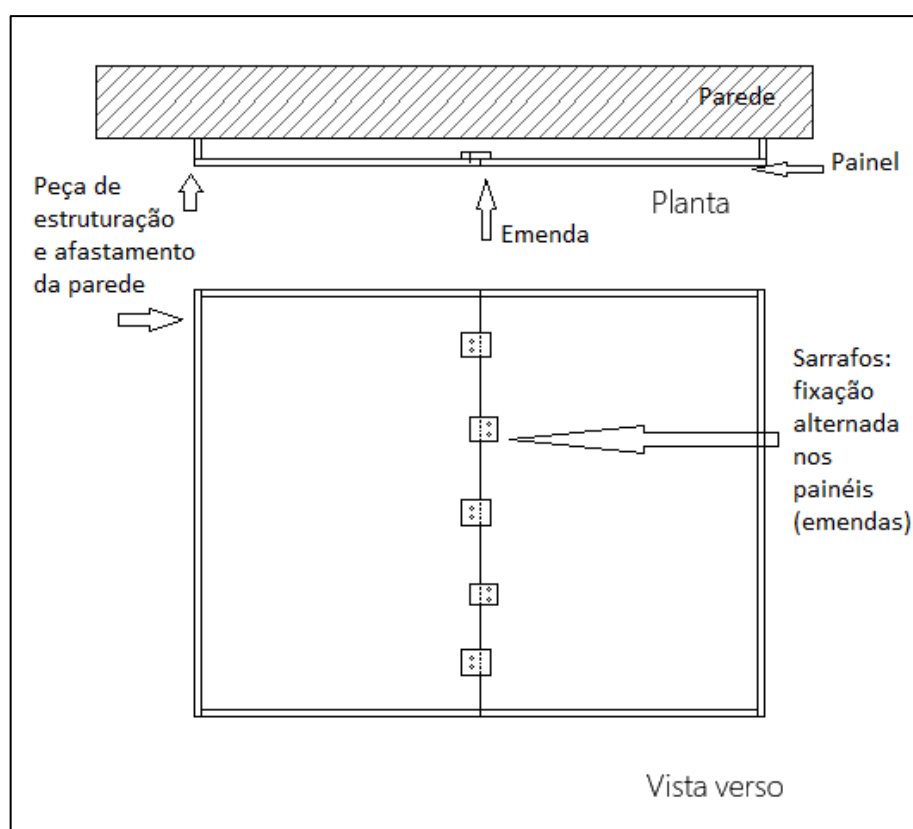
A união dos painéis tem grande importância para a percepção do conjunto da obra. O efeito criado pelos abaulamentos, flexões, pode gerar incômodo e interromper a narrativa da pintura. Somente justapor um painel a outro não garante uniformidade na planificação. Neste caso, pensar em junções e conexões apropriadas ao tipo de painel são necessárias. Os PIDM não permitem os encaixes e sambladuras, normalmente utilizados na madeira maciça. Mas, é possível adaptar soluções que favoreçam a montagem, desmontagens e que promovam uma estruturação eficiente e estável. O sistema deve ainda, observar a dimensão, espessura das chapas, peso do painel e local de instalação. Para tanto, o apoio técnico de projetistas e marceneiros é fundamental. Em conversa com o marceneiro José Celso Romualdo<sup>48</sup>, 30 anos de profissão, ele nos apresentou o sistema que emprega para estruturação e nivelamento

---

<sup>48</sup> Entrevista realizada em 05 de março de 2019, na empresa do profissional.

de painéis (FIG. 161), realizados com peças do próprio material do painel podem ser inseridas para este fim. O travamento se dá a partir de sarrafos, fixados no verso, em um sistema que entrelaça as emendas, sem mostrar parafusos na parte frontal. Salientou o emprego de parafusos específicos para montagem em PIDM. O Sr. José Celso afirmou ainda que, aplicar pintura em apenas uma face do painel com acabamento cru (MDF ou MDP), provoca empenamentos, principalmente em placas maiores. O ideal é usar um painel com revestimento de fábrica (acabamento melamínico) nas duas faces e lixar um pouco a face a ser pintada. Indicou usar fundo preparador para madeira como base de preparação para pintura.

Figura 161 - Croqui apresentando sistema de estruturação de painéis



Fonte: a autora, 2021.

Continuando colhendo experiências da marcenaria, o tradicional encaixe utilizado na madeira “mão de amigo” (FIG. 162), na atualidade, foi adaptado e muito empregado para instalações de painéis decorativos de grandes dimensões. Profissionais aplicam este conhecimento e criam seus encaixes, com segurança na fixação, executados em madeira ou PIDM, a exemplo do denominado na atualidade como “mão amiga” (FIG.



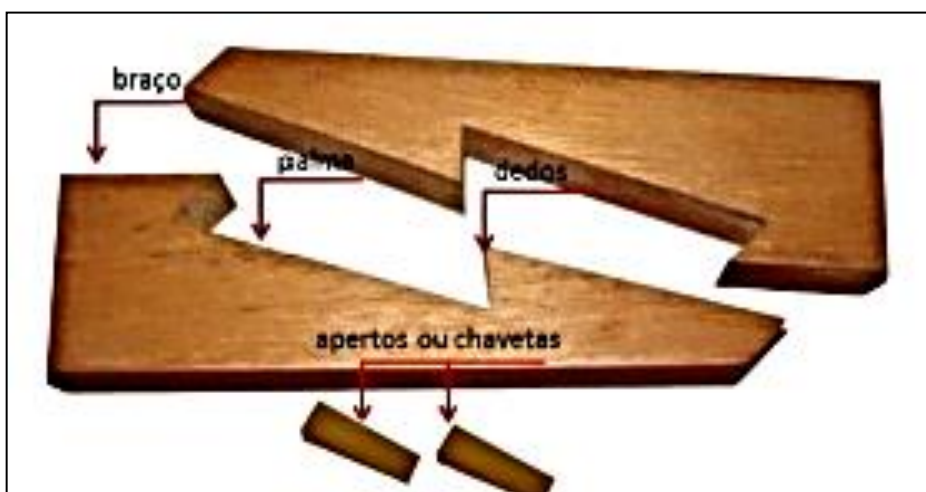
163), também definidos como macho e fêmea, empregando parafusos e buchas condizentes com o peso e espessura dos painéis.

A empresa Duratex indica este mesmo sistema para instalação de painéis em MDF, que também vale para os demais PIDM.

A melhor forma de fazer a fixação sem fazer furos no painel de MDF é utilizar o suporte conhecido no ramo da marcenaria como mão amiga. Ela nada mais é do que um conjunto de lâminas de madeira parafusadas diretamente na parede, em uma posição que permita o encaixe perfeito da peça principal. Para isso, calcule a espessura do painel e sua largura e altura, para que a mão amiga tenha o formato correto e seja instalada de maneira adequada. Aplique o encaixe no painel. A mão amiga conta com um formato que permite que outra peça seja encaixada por cima e, para isso, é preciso que o painel conte com este item. Portanto, é preciso parafusá-lo na posição correta para que funcione. Tome cuidado para que o parafuso não seja grande demais, senão ele irá furar a parte frontal do material.

Fique atento a isso pois, para que o painel se sustente sozinho, o encaixe da parede deve estar virado para cima e o da peça, para baixo. Se feita do modo contrário não será possível mantê-lo. Coloque o painel cuidadosamente. Depois de instalar a mão amiga na parede e no painel, basta encaixá-lo. O ideal é ir com cuidado para não exercer uma força excessiva nos suportes (DURATEX, 2019, p. 1).

Figura 162 - Encaixe tradicional para madeira “Mão de amigo”

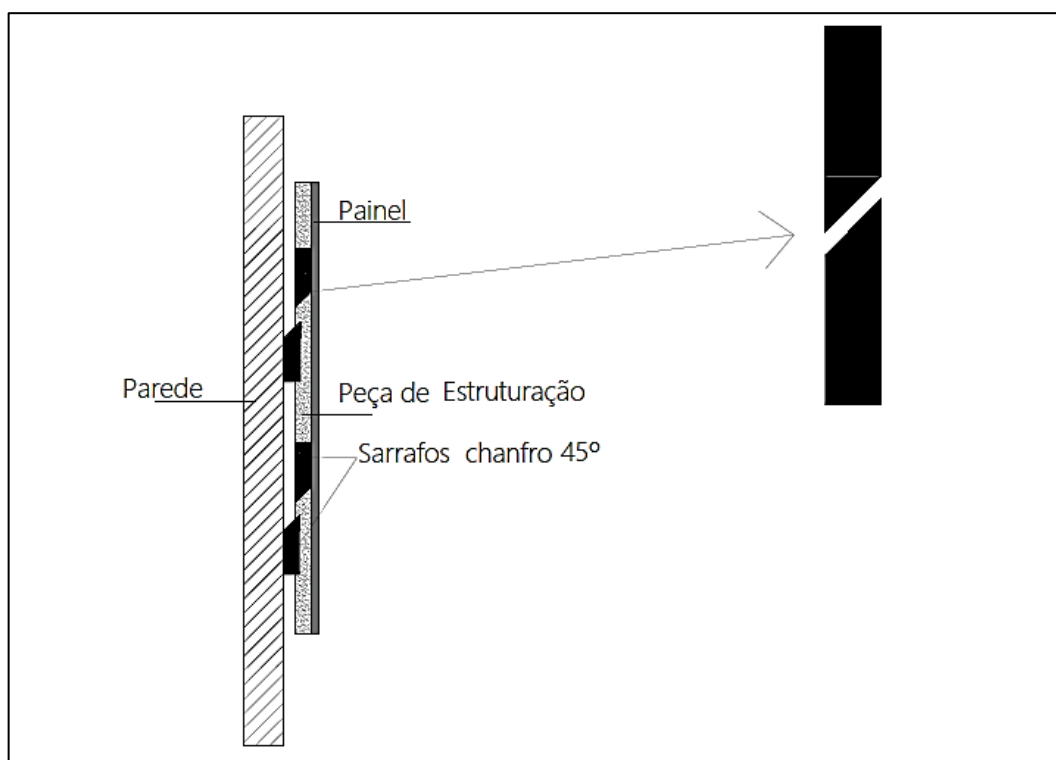


Fonte: Tinoco, 2013 <sup>49</sup>

---

<sup>49</sup> Disponível em: [file:///C:/Users/beatr/Downloads/boas%20prticasmao\\_de\\_amigo.pdf](file:///C:/Users/beatr/Downloads/boas%20prticasmao_de_amigo.pdf). Acesso em 10 maio 2020.

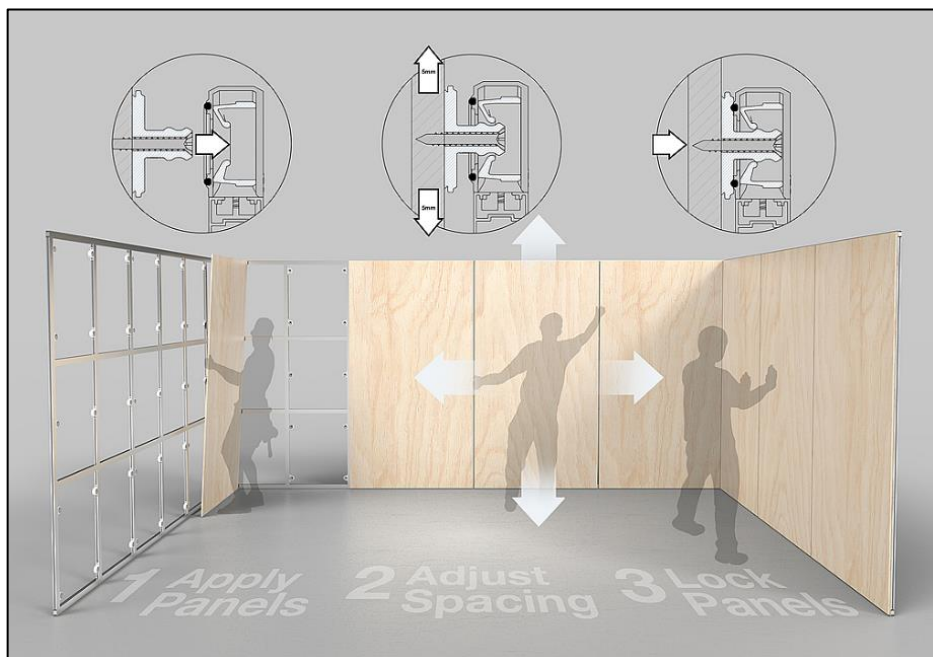
Figura 163 - Encaixe Mão amiga para fixação removível de painéis



Fonte: A autora, 2020.

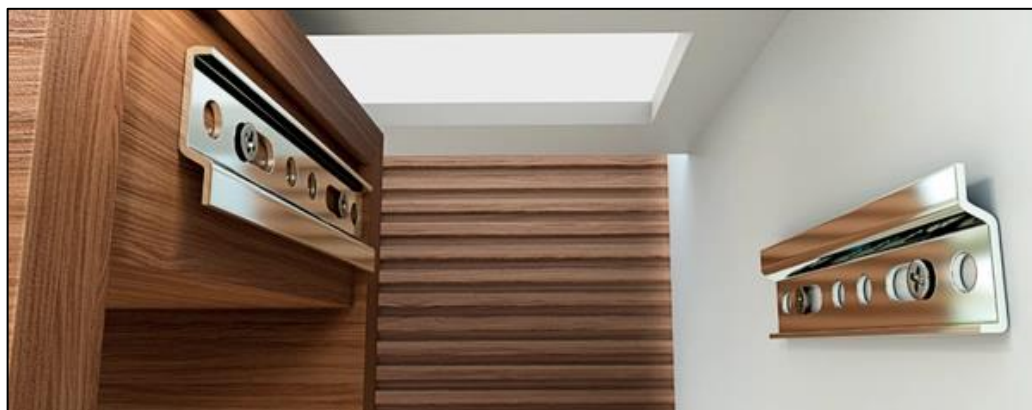
Empresas específicas de ferragem investem em tecnologia para sistemas de fixação em metal com modelos mais elaborados. A linha *Stratlock* possui sistema de montagem de painel oculto. Fabricado pela empresa *Fastmount™* (FIG. 164) é indicado para a instalação de painéis internos grandes ou pesados e removíveis (ARCHDAILY, 2020). Existem também opções mais simples e eficientes, dependendo da dimensão do painel (FIG. 165).

Figura 164 - Fixador para painéis grandes - Linha Stratlock | Fastmount



Fonte: ArchDaily, 2020<sup>50</sup>.

Figura 165 - Suporte mão amiga em metal



Fonte: Mobilini, 2020<sup>51</sup>.

A empresa Eucatex (2021) recomenda observar a resistência da parede a receber os painéis. Indica deixar um espaçamento de, pelo menos, 5 cm entre a parede e o

<sup>50</sup> Disponível em: <[https://www.archdaily.com.br/catalog/br/products/24586/fixador-para-paineis-grandes-linha-stratlock-fastmount?ad\\_name=related-products-bottom](https://www.archdaily.com.br/catalog/br/products/24586/fixador-para-paineis-grandes-linha-stratlock-fastmount?ad_name=related-products-bottom)>. Acesso em: 10 mai. 2020.

<sup>51</sup> Disponível em: <https://mobilini.com.br/P-suporte-100-mm-fixacao>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

painel, como sistema de proteção contra possíveis umidades vindo da parede e problemas de impermeabilização.

Principalmente, para painéis de grandes dimensões, a escolha do tipo de PIDM, a espessura adequada, peso, a estruturação do painel, o sistema de fixação e a avaliação do local em função das condições ambientais são estratégias fundamentais para a conservação da obra.

## CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa evidencia a importância do conhecimento dos materiais para execução e, conseqüentemente, para a preservação de obras. Integra-se, portanto, com os campos da Ciência da Conservação, da Conservação Preventiva e da História da Arte Técnica.

Os PIDM referenciados nesta tese foram lançados no mercado com a exaltação de suas qualidades técnicas. Porém, sem destaque para as possíveis vulnerabilidades. Inegavelmente, as características de sustentabilidade, melhoria de defeitos naturais da madeira, controle da anisotropia, dimensão ampliada, são vantagens em relação à matéria prima principal, a madeira. Devido ao processo de fabricação, os painéis eliminam alguns fatores que reduzem a resistência das peças de madeira natural, como por exemplo, os nós, a inclinação da grã e a diferença de lenhos adulto e infantil, entre outros.

Iniciar esta pesquisa com estudos sobre as características e obras pictóricas executadas sobre suportes em madeira propiciou perceber, comparativamente, as semelhanças e diferenças, melhorias e deficiências entre os diversos PIDM e seu material de origem. Ainda hoje persistem os desafios da conservação de obras em madeira, e seus derivados industrializados acompanham esta tradição. O assunto foi tema em simpósios internacionais no século XX. Destacamos *Proceedings of a symposium organized by the Wooden Artifacts Group of the American Institute*, em 1994, o simpósio *Panel Paintings* organizado pelo *Getty Conservation Institute*, *Getty Foundation* e pelo *J. Paul Getty Museum*. Este evento apresentou pesquisas e métodos de conservação de pinturas em painéis executados em madeira. A publicação *Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training, de 2001*, divulga todos os trabalhos do simpósio. Nesta publicação, apenas um estudo discorre sobre obra em compensado: *The Structural Stability of the Plywood Panel Support of Salvador Dalí's Couple with Clouds in Their Heads and Their Bespoke Frames from 1936*.

Como visto, são escassas as informações sobre preservação de obras em PIDM, mesmo buscando referências em estudos sobre arte moderna e contemporânea, onde

estes materiais são amplamente empregados como suporte. A publicação *Modern paintings uncovered* cita obras em compensados, chapa dura e fibras. Mas não aprofunda nas deteriorações provenientes do suporte. Percebe-se a tendência a priorizar a camada pictórica em relação ao suporte.

Para o emprego dos PIDM de forma adequada, faz-se necessário, a exemplo dos grandes mestres pintores do passado que usavam a madeira como suporte pictórico, estudo e apoio técnico.

Na atualidade, os fabricantes incluem indicações de uso e demais especificações que colaboram com a escolha adequada em função do tipo de aplicação. Essas informações são voltadas, principalmente, para o setor de mobiliário, mas podem ser apropriadas para a aplicação como suporte pictórico. Avaliar o peso do painel em função do tamanho da obra, as possíveis emendas, os locais de exposição, a técnica a ser aplicada, são questões fundamentais para determinar o tipo ideal. Por mais que as chapas industriais estejam “prontas para uso”, a preparação exige mais do que apenas cortar o painel na medida certa. Principalmente, quando o uso é direcionado para obras artísticas. O acondicionamento da obra e o meio ambiente são fatores importantes para a manutenção adequada.

Cada tipo de painel apresenta uma peculiaridade distinta, como consequência das diferenças na geometria dos fragmentos de madeira e do processo de fabricação,

A madeira compensada é o tipo de painel mais próximo à madeira maciça. A qualidade final do produto é resultante do tipo de madeira das lâminas e sarrafos empregados na fabricação, aliado às características dos adesivos e controle do processo de fabricação. A construção em direções cruzadas produz estabilidade dimensional e menor contração. O compensado naval tem indicação de uso externo, ou ambientes suscetíveis à umidade. Esta melhoria é devido ao emprego da resina fenol-formaldeído. Foi percebido, no estado de conservação das obras executadas em compensado, fissuras e fendas que acompanham o sentido das fibras das lâminas de madeira que compõem a chapa de compensado. Este é um tipo de deterioração, gerado pelas movimentações das lâminas em virtude de variações ou excesso de umidade e temperatura, que pode chegar até a camada externa da policromia, provocando rachaduras, e, se crescente, a deformação pode gerar perda de

policromia. Outra deterioração característica dos compensados é a delaminação, que consiste na separação (descolagem) da lâmina de madeira. Os compensados não são imunes à contaminação biológica, apesar do aumento de resistência devido aos compostos sintéticos adicionados no processo de fabricação. A infestação pode ter origem no ambiente de uso. Os painéis são suscetíveis à contaminação por fungos, insetos e outros microrganismos, comprometendo a resistência mecânica. Todos estes agentes atingem a camada pictórica.

Os painéis de aglomerado e MDP têm boa resistência mecânica, porém apresentam alto índice de higroscopia. As deteriorações decorrentes deste material frente às variações, excesso de umidade e temperatura ambientais são significativas. Acarretam, no caso de pinturas, danos extremos às obras. O painel umedecido perde resistência mecânica, sofre esfarelamento e perda das partículas, gerando graves problemas à policromia, além de se tornar ambiente propício às contaminações biológicas. O aglomerado é o tipo de PIDM mais vulnerável à umidade.

O MDP é considerado um melhoramento do aglomerado. Este painel com acabamento superficial em resina melamínica é indicado para aplicação de impressão, pintura e uso de revestimentos diversos, devido à alta densidade das camadas superficiais. O processo de fabricação implementou melhorias nas propriedades mecânicas, na performance em relação a remoção de parafusos e na resistência à empenamentos. O emprego de resinas sintéticas de última geração colaboraram na qualificação dos painéis de MDP. Essas características são enaltecidas pelos fabricantes. Apesar destas condições, verifica-se a suscetibilidade do material frente às variações, excesso de umidade e temperatura ambientais. As bordas destes painéis são regiões normalmente desprotegidas, propícias para entrada de umidade e demais agentes de deterioração.

Os painéis de chapa dura são caracterizados pela alta densidade e pouca espessura das chapas. Um material relativamente leve e estável, fabricado sem uso de compostos sintéticos, visto que é empregado a própria lignina presente nas fibras de madeira como aglutinante. A chapa é reconhecida e descrita pelo nome dos principais fabricantes. Internacionalmente, como Masonite e Celotex. No Brasil, como Eucatex e algumas vezes Duratex. A utilização é direcionada à arquitetura e engenharia,

devido a especificidade de painéis acústicos e isolantes. No mobiliário é empregado em fundo de gavetas e armários. O contato com a umidade é um grave problema também para este tipo de PIDM, pois provoca expansão linear, aumento da espessura, formação de bolhas superficiais e manchas em caso de superfícies pintadas.

A aceitação como suporte pictórico relaciona-se com a rigidez do material, leveza e caráter inovador. Apesar da polêmica, devido à discordância da qualidade do material entre artistas e estudiosos de arte, o painel chapa dura possui exemplares significativos na história da arte. Os principais problemas relacionados são: a suscetibilidade das chapas duras sofrer empenamentos, descamações, contaminação biológica, provocar acidificações e a emissão de gases. As bordas são regiões muito sensíveis e passíveis de quebras e deformações. Normalmente, as obras são estruturadas no verso para promover estabilidade e travamentos, evitando ondulações e empenamentos.

O MDF é o tipo de PIDM de fabricação mais recente. A produção mundial data da década de 50 e no Brasil 90. Os sarrafos de madeira são transformados em densas fibras, com acabamento mais fino, resultando numa chapa uniforme, indicada para trabalhos com usinagens, diferentemente do aglomerado. Como os demais PIDM o contato excessivo com umidade acarreta alterações físicas. Identifica-se inchamentos, abaulamentos, deformações, manchas na camada pictórica, desprendimentos das fibras e contaminação biológica. Por ser um material de uso recente referências sobre obras e, principalmente, trabalhos de conservação e restauração são escassos. O restauro do painel da Igreja Nossa Senhora Auxiliadora foi de grande contribuição para a percepção da vulnerabilidade e importância das condições ambientais adequadas à manutenção da integridade das obras em MDF. O painel foi executado em 2003, restaurado em 2015, e muitos danos novamente identificados em 2022 pelo mesmo motivo. Pouco tempo para uma obra apresentar estado de conservação tão fragilizado. A intensidade de tempo e atuação do agente de deterioração, no caso a umidade, tem sido muito grande, maior do que o material pode suportar.



A reflexão acerca do estado de conservação do painel da Igreja de Nossa Senhora Auxiliadora enfatizou a lacuna existente sobre estudos e métodos de acondicionamento adequados em obras executadas sobre PIDM. A falta de registros dos processos de criação, das especificação de materiais empregados, de documentos de contratação, dificultam as análises e entendimento da materialidade da obra. Por consequência, complicam a elaboração de propostas e estratégias eficientes de preservação. Estas referências devem ser registradas de forma técnica para que sejam úteis e confiáveis em casos registros, de certificação de autenticidade, metodologia de conservação preventiva e curativa.

Em algumas obras estudadas, verificou-se a preocupação dos artistas com a preparação do suporte. Estruturas de reforço para evitar movimentações e emprego de base de preparação a exemplo de obras tradicionais de madeira maciça. Para avaliação do estado de conservação a análise do verso é fundamental.

Curiosamente, a tendência em pintar o verso e o anverso, a exemplo do pintor Hermelindo Fiaminghi, coincide com a técnica usada, atualmente, em marcenaria para evitar empenamentos. Fica a dúvida se o artista tinha noção deste recurso ou se foi opção estética.

No caso de obras de grandes dimensões, as emendas, os sistemas de construção dos quadros e fixação, demandam um conhecimento técnico interdisciplinar para montagem dos painéis. O apoio de mão de obra de marceneiro para elaborar uma estrutura estável é indicado. A opção de desmontagem e montagem em novos espaços é, inegavelmente, uma ótima condição. Todavia, requer além da perícia de um profissional qualificado, acompanhamento do conservador-restaurador para avaliação, documentação da metodologia de retirada, elaboração de projeto de embalagem e vistoria na reinstalação. Este procedimento executado de forma eficiente evita danos ao objeto. Foi observado nas visitas técnicas que o próprio sistema de fixação pode se tornar agente de deterioração. Pregos e parafusos colocados a partir da superfície da pintura acabam marcando o local e causando perda de policromia.

Direcionamos a pesquisa para pinturas executadas diretamente sobre os PIDM, mas existem outras formas de aplicação na pintura, como a técnica da marruflagem (tecido aderido em um suporte rígido), e emolduramentos de gravuras sobre chapa dura.

A química presente no processo de fabricação, proveniente dos aditivos sintéticos empregados para implementar resistência extra e o retorno de alguns compostos ao meio ambiente, principalmente o formaldeído, são comprovadamente danosos a diversos materiais. A interação destes compostos com a técnica do artista precisa ser mais investigada, como também a lignina presente nas chapas duras.

Estes dois tópicos – a interação química entre a aplicação da técnica do artista e emissão de gases provenientes do processo de fabricação; o uso dos PIDM como suporte para a técnica de marruflagem e emolduramentos de quadros – podem ser desenvolvidos em pesquisa futura, visto que, neste trabalho o foco foi analisar as deteriorações provenientes de alterações mecânicas.

De maneira geral, a partir das análises dos trabalhos de conservação e restauração apresentados, os tratamentos são similares aos executados na madeira. Limpeza, eliminação e prevenção de contaminação biológica, consolidação e complementação de suporte, estabilização, nivelamentos e revisão estrutural. Porém, a forma de aplicação exige especificidades para cada PIDM.

Espera-se, com o material produzido nesta pesquisa, ampliar e estimular discussões no campo da preservação de arte pictórica executadas com PIDM como suporte.

## REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, M. W. From connoisseurship to Technical Art History - The Evolution of the Interdisciplinary Study of Art. **The Getty Conservation Institute Newsletter**, v. 20, n. 1, p. 4 -10. Los Angeles: GCI, 2005. Disponível em: [https://www.academia.edu/40255609/The\\_Getty\\_Conservation\\_Institute\\_From\\_Connoisseurship\\_to\\_Technical\\_Art\\_History\\_The\\_Evolution\\_of\\_the\\_Interdisciplinary\\_Study\\_of\\_Art](https://www.academia.edu/40255609/The_Getty_Conservation_Institute_From_Connoisseurship_to_Technical_Art_History_The_Evolution_of_the_Interdisciplinary_Study_of_Art). Acesso em: 11 de jun. 2108.
- AITIM, Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de La Madera. **Productos de Madera para la Arquitectura**. Madrid: AITIM, 2008. Disponível em: [http://cscae.com/area\\_tecnica/aitim/actividades/act\\_paginas/libro/productos\\_de\\_madera\\_para\\_la\\_arquitectura.pdf](http://cscae.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/productos_de_madera_para_la_arquitectura.pdf). Acesso em: 7 mar. 2018.
- AMARAL, Aracy. **Projeto Construtivo Brasileiro na Arte (1950-1962)**. Rio de Janeiro: Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro. São Paulo: Pinacoteca do Estado, 1977. 44 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14810**: Chapas de Madeira Aglomerada - métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo setorial 2007**. Ano base 2006. Curitiba: ABIMCI. 2007. Disponível em: < [https //abimci.com.br/publicacao/estudo-setorial-2007](https://abimci.com.br/publicacao/estudo-setorial-2007). Acesso em: 12 jun. 2019.
- AMPERSAND ART SUPPLY. **Painting Panel for artists**. Conservators agree. Texas: AMPERSAND, 2020. Disponível em: <<https://ampersand.com/art-panels.php>>. Acesso em: 13 jun.2020.
- ARANGUEREN, Biancamaria *et al.* Wooden tools and fire technology in the early Neanderthal site of Poggetti Vecchi (Italy). *In: PNAS - Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. Washington, V.115, n.9, p. 2052-2059, fevereiro, 2018. Disponível em: <<https://www.pnas.org/content/115/9/2054>>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- ARGAN, G. Carlo. **Arte Moderna**. São Paulo: Cia das Letras, 2006. 709 p.
- ARGAN, G. Carlo; FAGIOLO, Maurizio. Lisboa: Estampa, 1994. 157 p.
- BALDWIN, R.F. **Plywood Manufacturing Practices**. San Francisco: Miller Freeman, 1981. 326 p.
- BARBU, Marius C. *et al.* Wood - Based Composites. In: AGUILERA, Alfredo; DAVIM, Paulo. **Research Developments in Wood Engineering and Technology**. Hershey IGI Global, 2012. p 1 - 45.

BARATA, Mário. A arquitetura como plástica e a importância atual da síntese das artes. XAVIER, Alberto (ORG). **Depoimento de uma geração: arquitetura moderna brasileira**. São Paulo: Cosac Naify, 2003.

BASALOCO, Margarida Manuela L. C. **A Conservação da Pintura Contemporânea**. Quatro casos de estudo da Coleção da Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto. 2016. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Artístico, Conservação e Restauro). Departamento de Turismo, Patrimônio e Cultura. Universidade do Porto. Porto, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11328/1588>. Acesso em 03 jun. 2020.

BAUER, F. **Materiais de Construção 2**. Revisão técnica João Fernandes. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 656 p.

BELLET, Harry. **Désamianter "La Fée Électricité"**. Le Monde, Paris, 2006. Culture., p. 2. Disponível em: < [http://lemonde.fr/culture/article/2006/02/05/desamianter-la-fee-electricite\\_737879\\_3246.htm](http://lemonde.fr/culture/article/2006/02/05/desamianter-la-fee-electricite_737879_3246.htm)>. Acesso em 18 dez. 2020.

BENADUCE, C. **Fabricação de painéis de média densidade (MDF) a partir de fibras de Eucalyptus grandis e Pinus caribaea var. hondurensis**. 1998. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Madeiras). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1998.

BENTO, Antônio. **Portinari**. Rio de Janeiro: Leo Christiano Editorial, 2003. 366 p.

BERGEON, Segolene et al. The Restoration of Wooden Paintings Supports. Two hundred years of history in France. *In*: DARDES, Kathleen; ROTHE, Andrea. **The Structural Conservation on Panel Paintings**. Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998. v. 3, p. 264 - 288.

BERGLUND, Lars; ROWELL, Roger M. Wood Composites. *In*: ROWELL, Roger M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Danvers: CRC Press, 2005, p. 279 - 301.

BERGMAN, Richard *et al.* Wood. *In*: KRETSCHMANN, Jerry *et al.* **Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology**. N. York: John Wiley & Sons, 2007. Vol. 26. p. 1-59. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publications/289099485\\_wood/citations](https://www.researchgate.net/publications/289099485_wood/citations). Acesso em: 12 out. 2019.

BERNARDI, Renato. **Reconstituição de chapas de aglomerado**. Dossiê técnico. Porto Alegre: Senai- RS, 2005. Disponível em: <http://senairs.org.br/es/node/1836>. Acesso em 18 ago. 2020.

BIAGIONI, Bernardo. Patrimônio efêmero: um ensaio sobre origens, motivações e direções possíveis da arte urbana. **Revista Óculo N°2**. Belo Horizonte: IEPHA,

2018. Disponível em: <http://www.iepha.mg.gov.br/index.php/publicacoes/revista-oculo>. Acesso em: 21 de nov. de 2019.

BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. Ed. Van Nostrand Reinhold, New York, 1982. 711p.

BOEVÉ-JONES, Gwendolyn P. The Structural Stability of the Plywood Panel Support of Salvador Dalí's Couple with Clouds in Their Heads and Their Bespoke Frames from 1936. In: PHENIX, Alan Phenix; CHUI, Sue Ann. **Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training** Los Angeles: The Getty Conservation Institute, 2011. p.199.

BOTOSSO, Paulo Cesar. **Identificação Macroscópica de Madeiras**: guia prático e noções básicas para o seu reconhecimento. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 65 p.

BRITO, Ana. A utilização do contraplacado como suporte artístico. Estudo de alguns exemplos nas pinturas de Abel Salazar. **Estudos de Conservação e Restauro**. Porto, nº4, p. 113-135, 2012. Disponível em: [https://citar.artes.porto.ucp.pt/sites/default/files/files/artes/CITAR/Edições/ec\)04.pdf](https://citar.artes.porto.ucp.pt/sites/default/files/files/artes/CITAR/Edições/ec)04.pdf). Acesso em: 10 nov. 2019.

BRITO, Leandro Dussarrat. **Patologia em Estruturas de Madeira**: Metodologia de Inspeção e Técnicas de Reabilitação. Tese (doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1997. 400 p.

BUCUR, VOICHITA. **Delamination in Wood, Wood Products and Wood-Based Composites**. New York: Springer. 2011. 401 p.

BUFFAT, Cécile. La Fée Électricité et le Mécénat Électrique. In: **Annales historiques de L'électricité**. Paris: Victoires éditions, 2006, p. 49-74. Disponível em: <https://www.cairn.info/revue-Annales-historiques-de-l-electricite-2006-1-page-49.htm>. Acesso em: 12 fev. 2019.

BURGER, L. M; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 160 p.

CALIL, Carlito Júnior; *et al.* **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Barueri. SP: Editora Manole, 2003. 160 p.

CALIL, Carlito Junior; PINTO, Edna Moura. Resistência mecânica de estruturas de madeira em situação de incêndio: proposta para inclusão em anexo da NBR 7190. **Madeira**: arquitetura e engenharia. São Paulo, V. 13, maio a agosto , 2004.

Disponível em: <http://madeira.set.eesc.usp.br/article/download/283/pdf>. Acesso em: 20 mai 2020.

CAMILO, Denise; TORRES, Aline. **Relatório de Técnico**. Não publicado. Belo Horizonte, 2015. 22 p.

CAMPOFIORITO, Quirino. As artes plásticas na arquitetura moderna brasileira. *In*: XAVIER, Alberto (Org). **Depoimento de uma geração: arquitetura moderna brasileira**. São Paulo: Cosac Naify, 2003. 380 p.

CARVALHO *et al.* Agentes com capacidade limitada de degradação da lignina *In*: CASTRO, V. Gomes de; GUIMARÃES, P. Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: EdUFERSA, 2018. P 41-54.

CARVALHO *et al.* Fungos manchadores e emboloradores. *In*: CASTRO, V. Gomes de; GUIMARÃES, P. Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: EdUFERSA, 2018. p 21-40.

CARVALHO, Rui Pereira. O uso da madeira aplicado ao ensino da arte em sala de aula a partir do processo civilizatório, da utilização da madeira pelo homem e seus valores artísticos. **Revista Filosofia Capital**. Vol. 3, p. 73-95. Edição 6. Ano 2008. Disponível em: <http://filosofiacapital.org/ojs2.1.1/index.php/filosofiacapliatl/article/view/62/55>. Acesso em: 10 dez. 2019.

CARVALHO, Salomé. **História, Teoria e Deontologia da Conservação e Restauro aplicadas à pintura sobre madeira em Portugal**. 2012, 545 p. Tese de doutorado. Universidade Católica Portuguesa. Escola das Artes, 2012.

CASADIO, Francesca et al. Scientific Investigation of an important corpus of Picasso Paintings in Antibes: new insights into technique, condition, and chronological sequence. *In*: **Journal of the American Institute for Conservation**, 2013. Vol 152. N. 3. P. 184-205. Disponível em: [https://www.academia.edu/10469912/SCIENTIFIC\\_INVESTIGATION\\_OF\\_AN\\_IMPORTANT\\_CORPUS\\_OF\\_PICASSO\\_PAINTINGS\\_IN\\_ANTIBES\\_NEW\\_INSIGHTS\\_INTO\\_TECHNIQUE\\_CONDITION\\_AND\\_CHRONOLOGICAL\\_SEQUENCE](https://www.academia.edu/10469912/SCIENTIFIC_INVESTIGATION_OF_AN_IMPORTANT_CORPUS_OF_PICASSO_PAINTINGS_IN_ANTIBES_NEW_INSIGHTS_INTO_TECHNIQUE_CONDITION_AND_CHRONOLOGICAL_SEQUENCE)>. Acesso em 10 fev. 2022.

CASTRO, V. Gomes de; GUIMARÃES, P. Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: EdUFERSA, 2018. 213 p.

CAVALCANTI, Rita. **Relatório final**: Restauração do painel “O Descimento Da Cruz” da artista Yara Tupynambá. Não publicado. Belo Horizonte, 2018.

CHEN, C. *et al.* Structure property function relationships of natural and engineered wood. *IN*: **Nature Reviews Material**. Vol.5, p. 642–666. Ano 2020. Disponível em: <http://lit.umd.edu/publications/TengLi-Pub115-NRM-2020.pdf>. Acesso em: 10 dez 2020.

CHIEFFO, Clifford T. **The contemporary oil painter's handbook**. A complete guide to oil painting: materials, tools, techniques, and auxiliary services for beginning and professional artist. N. Jersey: Prentice-Hall, 1976. 130 p.

CHIMELO, J. P.; ANGYALOSSY, A. V. **Agrupamento de anatomia e identificação de madeiras**. São Paulo: IPT. 1983. 37p.

CHUNG, WY., Wi, SG., Bae, HJ. *et al.* Microscopicvieira observation of wood-based composites exposed to fungal deterioration. *In: J Wood Sci* **45**, p. 64–68, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00579525>. Acesso em: 10 fev.2021.

CIATTI, Marco; CASTELLI, Ciro. The Conservation of Panel Painting Supports at the Opificio delle Pietre Dure: Experiences and Methodologies. PHENIX, Alan; CHUI Sue Ann. **Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2011, v. 2, p. 25 – 35.

CLAUSEN, Carol A. Biodeterioration of Wood. *In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood handbook – Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010, cap. 14.

CORADIN Vera T. Rauber; CAMARGOS, José A. Alves. **A estrutura anatômica da madeira e princípios para sua identificação**. Brasília: LPF, 2002. 28 p.

CORONA, Eduardo; LEMOS, Carlos A. C. Dicionário da Arquitetura Brasileira. *IN: Revista Acrópole*. São Paulo, Ano 20, Nº 237, julho de 1958. Disponível em: <http://acropole.fau.usp.br/edicao/237/13>. Acesso em 13 jan. 2021.

COSTA, Sônia. TJ revela peças do seu acervo. **TJMG Informativo**. Belo Horizonte. Disponível em: <http://museudojudiciariomineiro.com.br/wp-content/uploads/2017/06/10-TJIN-2012-NOVEMBRO.pdf>. Acesso em: 10 de nov. 2019.

CRUZ, Helena; NUNES, LINA. Madeira. *In: Ciência e Engenharia de Materiais de Construção*. Lisboa: IST Press, 2012, p. 630-660. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/233833601\\_Madeira](https://www.researchgate.net/publication/233833601_Madeira). Acesso em: 03 abr. 2020.

DARDES, Kathleen; ROTHE, Andrea. **The Structural Conservation of Panel Paintings**: proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum, 24-28 April 1995. Los Angeles: Getty Conservation Institute. 588 p.

DORGE Valerie, HOWLETT F. Carey. **Painted wood: History and Conservation**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998. 549 p.

DOVER, Caitlin. **From Home Improvement to Art**: Alberto Burri and Celotex. New York: Guggenheim, 2015. Disponível em: [guggenheim.org/blogs/checklist/from-home-improvement-to-art-alberto-burri-and-celotex](http://guggenheim.org/blogs/checklist/from-home-improvement-to-art-alberto-burri-and-celotex). Acesso em: 15 nov.2019.

- DUNKY, Manfred. Adhesives in the Wood Industry. *In*: Pizzi, A; Mittal, K.L. **Handbook of Adhesive Technology**. New York: Taylor & Francis Group, 2003, p. 4 - 47.
- DURATEX. **Catálogo Técnico**. Painéis de Madeira. São Paulo: Duratex. 2015. 24 p.
- DURATEX. **Coleção Essência**. São Paulo: Duratex, 2020. 29 p.
- DURATEX. **Como fixar painel de MDF na parede**. São Paulo: DURATEX. 2019. Disponível em: <https://www.duratexmadeira.com.br/blog/como-fixar-painel-de-mdf-na-parede/>. Acesso em: 20 abr. 2020.
- DURATEX. **Espaço arvorar**. São Paulo, DURATEX. 2017. Disponível em: <Duratex/espaco-arvorar/o-espaco>. Acesso em 20 abr. 2020.
- DURATEX. **História**. São Paulo, DURATEX. 2018. Disponível em: <https://www.duratex.com.br/pt/quem-somos/historia>. Acesso em 10 fev. de 2020.
- EDMONDSON, Ray. **Arquivística Audiovisual: Filosofia e Princípios**. Tradução: Carlos Roberto Souza. Brasília: UNESCO, 2017. 90 p.
- EUCATEX. **4T17 Apresentação**. São Paulo: Eucatex: 2018. 20 p.
- EUCATEX. **A Eucatex traz dicas de instalação de painel de MDF na parede**. São Paulo: Eucatex, 2021. Disponível em: <https://www.eucatex.com.br/blog/eucatex-traz-dicas-de-instalacao-de-painel-de-mdf-na-parede/>. Acesso em: 15 jan. de 2022.
- EUCATEX. **História**. São Paulo: Eucatex: 2018. 20 p. Disponível em: <https://www.eucatex.com.br/sobre-a-eucatex/historia>. Acesso em: 08 fev. de 2020.
- EUCATEX. **Informações Técnicas**. Propriedades Físico-Mecânicas e Higroscópicas. São Paulo: Eucatex, 2018. 28 p.
- EUCATEX. **Eucatex dá dicas para proteger os painéis de MDF da ação dos cupins**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.eucatex.com.br/blog/eucatex-da-dicas-para-protger-os-paineis-de-mdf-da-acao-dos-cupins/>. Acesso em: 06 dez. 2021.
- EVERT, Ray F., EICHORN, Susan E. **Raven Biologia Vegetal**. Revisão técnica: Jane Elizabeth Klaus. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan Ltda, 2014. 876 p.
- FERREIRA, Joana L.A. Ferreira. **Liaisons Dangereuses, Conservation of Modern and Contemporary Art: a study of the synthetic binding media in Portugal**. 2011. Tese (Doutorado em Conservação e Restauro), Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. Disponível em: [repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3691/2/ULFBA\\_TES408.pdf](repositorio.ul.pt/bitstream/10451/3691/2/ULFBA_TES408.pdf) . Acesso em: 12 abr. 2019.



FIGUEROA, M. J. Manriquez; Moraes, P. Dias. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. **Ambiente Construído**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2009. Nº 4, V.9, p.157-174. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/viewFile/9547/7050>. Acesso em: 12 mai 2019.

FOELKEL, Celso. Madeiras para uso celulósico/papeleiro: formação, ultra estrutura, química e topoquímica. *In: Eucalyptus Newsletter*. Porto Alegre, 2020. Nº 84, dez 2020. Disponível em: [https://www.eucalyptus.com.br/news/pt\\_dez2020.pdf](https://www.eucalyptus.com.br/news/pt_dez2020.pdf). Acesso em: 20 jan. 2021.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook** – Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010. 509 p.

FRIHART, Charles R.; HUNT, Christopher G. **Adhesives with Wood Materials**. Bond Formation and Performance. *In: Wood handbook* – Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010.

FRONER, Yacy Ara. Memória e Preservação: a construção epistemológica da Ciência da Conservação. *In: Congresso Memória e Informação*, 2007. Rio de Janeiro: Casa Rui Barbosa, 2007. Disponível em: [http://www.casaruibarbosa.gov.br/DOC/palestras/memo\\_info/mi\\_2007/FCRB\\_MI\\_Memoria\\_e\\_Preservacao\\_A\\_construcao\\_epistemologica\\_da\\_Ciencia\\_da\\_Conservacao.pdf](http://www.casaruibarbosa.gov.br/DOC/palestras/memo_info/mi_2007/FCRB_MI_Memoria_e_Preservacao_A_construcao_epistemologica_da_Ciencia_da_Conservacao.pdf). Acesso em: 02 abr. 2017.

GALDIANO, Diogo Aparecido. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. Dissertação de Mestrado Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia. Universidade de São Paulo, 2012.

GETTY CONSERVATION INSTITUTE. **Modern paints uncovered**; proceedings from the modern paints uncovered symposium. Getty Conservation Institute; Tate Modern: London, 2007. 330 p.

GLASS, Samuel V.; ZELINKA, Samuel L. Moisture Relations and Physical Properties of Wood. *In: Wood handbook – Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010.

GOMBRICH, E.H. **A História da Arte**. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 688 p.

GONZAGA, Armando Luiz. **Madeira: Uso e Conservação**. Brasília, DF: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p.

GONÇALVES, Fabrício; *et al.* Ensaio de resistência à biodeterioração por fungos e térmitas em Painéis de Partículas. *In: OLIVEIRA, Robson José (Org.). Engenharia*

**Florestal**. Desafios, limites e potencialidades. Guarujá: Editora Científica, 2020, p. 362-379.

GOTTSCHALLER, Pia et al. **Making Art Concrete**. Works from Argentina and Brazil in the colección Patricia Phels de Cisneros. Los Angeles: GCI. 2017. 139 p.

GRANG, Richard; et al. **Plant Anatomy**. A Concept-Based. N. York: Springer, 2019. 725 p.

HARTE, Annete. Introduction to timber as an engineering material. *In*: Mike Ford. **ICE Manual of Construction Materials**. Londres: ICE Publishing, 2009, c.p.2 p. 707-726. Disponível em:  
<https://www.researchgate.net/publication/260976792IntroductiontoTimberasanEngineeringMaterial>. Acesso em: 2 abr. 2020.

HAYGREEN, John G.; BOWYER, Jim L. **Forest Products and Wood Science: an introduction**. Ames: Iowa State University Press. 1996. 576 p.  
HAYNES et al. **An Analysis of the Timber Situation in the United States: 1920 to 2050**. Portland: U.S. Department of Agriculture, Forest Service Pacific Northwest Research Station, 2003. Disponível em:  
[http://research.net/publication/287844770\\_An\\_analysis\\_of\\_the\\_timber\\_in\\_the\\_United\\_States\\_1952\\_to\\_2015](http://research.net/publication/287844770_An_analysis_of_the_timber_in_the_United_States_1952_to_2015). Acesso em: 20 jan. 2019.

HELLMEISTER, João César. Madeira e suas Características. *In*: I ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E ESTRUTURAS DE MADEIRAS, 1, 1983, São Carlos, 1983. **Anais Volume I**. Características. São Carlos:1983, p.1-37. Disponível em: [https://ibramem.files.wordpress.com/2014/05/1ebramem\\_caracteristicas.pdf](https://ibramem.files.wordpress.com/2014/05/1ebramem_caracteristicas.pdf). Acesso em: 10 mar 2020.

HERRERA, I.I. Soraluze; PACHECO R. Llamas. When the intellectual universe of a work of art prevails over the authenticity of its physical structure. *In*: **Arché**. Publicación del Instituto Universitario de Restauración del Patrimonio de La UPV. Núm. 3. 2008. Disponível em:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/31506/2008\\_03\\_111\\_116.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/31506/2008_03_111_116.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 11 mai. 2022. p. 112-116.

HORKHEIMER, Max. **Eclipse da Razão**. Tradução: Sebastião Uchoa Leite. São Paulo: Centauro, 2002. 208 p.

HOUAISS, Antônio. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001. 1986 p.

HUMMELEN, Yisbrand. **Conservation strategies for modern and contemporary art**. Recent developments in the Netherlands, 2005. Disponível em: <https://inside-installations.sbm.nl/OCMT/mydocs/Hummlen%20Conservation%20Strategies.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2020.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **As árvores plantadas e seus múltiplos usos**. São Paulo: IBÁ, 2018. Disponível em: <http://iba.org/datafiles/publicações/pdf/múltiplos-usos-da-madeira.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

IBÁ, Indústria Brasileira de Árvores. **Programa Setorial de Qualidade de Painéis de Partículas de Madeira (MDP) e painéis de Fibra de Madeira (MDF)**. Texto de Referência. São Paulo: Tesis, 2021. 12 p. Disponível em: <https://pbqp-h.mdr.gov.br/wp-content/uploads/2021/09/PAINE%CC%81S-DE-PARTI%CC%81CULAS-DE-MADEIRA-Texto-Completo.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2022.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Regulamento de avaliação da conformidade para painel de madeira compensada de uso estrutural e não estrutural**. Portaria nº 443, de 04 de dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001398.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2020.

INSPECTAPEDIA, Encyclopedia of Building Environmental Construction, Diagnosis, Maintenance & Repair. **Celotex Products & History**. New York: InspectAPedia, 2020. Disponível em: [https://inspectapedia.com/hazmat/Celotex\\_Thermax\\_Insulating\\_Board\\_300s.jpg](https://inspectapedia.com/hazmat/Celotex_Thermax_Insulating_Board_300s.jpg). Acesso em: 13 jun. 2019.

IRLE, Mark; BARBU C. Marius. Wood -Based Panels Technology. *In*: THOEMEN, Heiko; *et al.* **Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists**. London: Brunel University Press. 2010, p. 1 - 90.

ITAU CULTURAL. **Sandra Cinto: das Ideias na Cabeça aos Olhos no Céu**. São Paulo: Itau Cultural, 2020. 50 p. Disponível em: <https://www.itaucultural.org.br/secoes/agenda-cultural/individual-da-artista-sandra-cinto-reune-de-pinturas-a-fotos>. Acesso em 20 jan 2022.

IWAKIRI, Setsuo. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

JANSON, H.W. **História Geral da Arte**. O Mundo Antigo e a Idade Média. São Paulo: Martins e Fontes, 2001. 523 p.

JAEGER, Peterson, ZIGER, Marcelo. Avaliação das propriedades mecânicas dos painéis compensados de *Eucalyptus dunni* e *Pinus taeda*. *In*: **CERNE**, 2007, v.13, p. 329-338. Disponível em: <https://www.readlyc.org/articulo.oa?id=744/74413311>. Acesso em: 02 jan. 2020.

JEZEWSKA Elżbieta. Needs for Conservation of Paintings on Engineered Wood Support, 2009. *In*: **Firenze University Press**. Florence, 2007, p. 1-7 Disponível em: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lxXQ3e5Kur8J:https://www.torrossa.com/it/resources/an/2438679+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-d>. Acesso em 10 mai. 2020.

KAMKE, F. A.; HAMZA M.F. Wood: Nonstructural Panel Processes. *In: MAHAJAN et al. Encyclopedia of Materials: Science and Technology*. Oxford: Pergamon, 2001, p. 202-227.

KATLAN, Alexander. Early Wood-Fiber Panels: Masonite, Hardboard, and Lower-Density Boards. *Journal of the American Institute for Conservation*, 33:3, p. 301-306, 1994. Disponível em: <https://cool.culturalheritage.org/jaic/articles/jaic33-03-005.html>. Acesso em 08 mai. 2019.

KLOCK, Umberto; ANDRADE, Alan S. **Química da Madeira**. Curitiba: UFP. 4 ed. 2013. 85 p.

KOLLMANN, F.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology I**. Sólido Woods. N. York. Springer Verlag, 1968. 592 p.

KOLLMANN, F. *et al.* **Principles of wood science and technology II**. Wood based materials. N. York. Springer Verlag, 1975. 702 p.

KOSHIBA, L. **História: estruturas e processos**. São Paulo: Atual, 2000. 495 p.

KRETSCHMANN, David E. Mechanical Properties of Wood. *In: Wood handbook – Wood as an engineering material*. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010. cap. 11.

LAUREN ROGERS MUSEUM OF ART. **What lies beneath Masonite and American Art of the 20th century**. Laurel: LRMA.org., 2019. 20 p.

LOURENÇO, Maria Alice F. **Operários da Modernidade**. São Paulo: Edusp, 1995. 324 p.

MACGREGOR, Neil. **A História do mundo em 100 objetos**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues, *et al.* Rio de Janeiro: Intrínseca LTDA, 2013. 784 p.

MALONEY, Thomas M. The family of wood composite materials. *In: Forest Products Journal*. Vol 46, n. 2, p. 19-29, 1996. Disponível em: <http://www.xylo.sbf.ulaval.ca/sbo2006/docs/Maloney1996.pdf>. Acesso em: 03 de mar. 2019.

MALONEY, Thomas M. **Modern Particleboard & Dry Process Fiberboard Manufacturing**. California: Miller Freeman Publications, 1977. 688 p.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Florestal Brasileiro. **Florestas do Brasil em resumo**. Brasília: MAPA/SFB, 2019. 120 p.

MARQUES, Maria Dulce Marçal. **O que tem vida sobrevive**. 2016. (Dissertação-Mestrado em Ciências da Conservação, Restauro e Produção de Arte

Contemporânea). Universidade de Lisboa. Lisboa. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/55500205-O-que-tem-vida-sobrevive.html>. Acesso em: 18 mar. 2019.

MASINI, Iara-Vinca. Os artistas do século XX. In: ARGAN, Giulio Carlo. **Arte Moderna**. São Paulo: Cia das Letras, 2006. p. 650-689.

MATA-MACHADO, Bernardo M. da. **Do Transitório ao permanente**. Teatro Francisco Nunes (1950 – 2000). Belo Horizonte, PBH, 2002. 176 p.

MATTOS, René L. G.; *et al.* **Painéis de Madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro: BNDES Setorial. 2008. 156 p.

MECKLENBURG, Marion F.; TUMOSA, Charles S.; ERHARDT, David. S. Structural Response of Painted Wood Surfaces to Changes in Ambient Relative Humidity. *In*: DORGE Valerie, HOWLETT F. Carey. **Painted wood: History and Conservation**. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998, 464 – 483.

MEDITE CLEAR. **The benefits of using MEDITE MDF**, 2019. Disponível em: <https://mdfosb.com/en/medite-mdf>. Acesso em 20 mai. 2019.

MAKENZIE, Clive. **Medite Clear**. Zero Added formaldehyde: why Medite Clear is the safe option for museums and galleries. Londres: MEDITE CLEAR, 2018. Disponível em: <https://mdfosb.com>. Acesso em 12 mai. 2019.

MELO, Júlio Eustáquio. **Madeira: características e aplicações**. Brasília: LPF, 2002. 30 p.

MELO, R. Rodolfo de; MENEZZI, C. H. de Soares Del. Comportamento reológico da Madeira e derivados. *In*: **Ciência da Madeira**, Pelotas, v.1, n.1, p. 25-40, maio 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/cienciadamadeira/article/view/4016/3143>. Acesso em: 02 dez 2019.

MoMA. Museu de Arte Moderna. **MoMA Presents the first major Museum Exhibition to focus on the transformative decade of Joan Miró 's work between 1927 and 1937**. N. York: Moma, 2008. Disponível em: <https://www.moma.org/miro>. Acesso em: 05 ago. 2019.

MORESCHI, João Carlos. **Propriedades da Madeira**. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, 2014. 208 p. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasmoreschi/PROPRIEDADES%20DA%20MADEIRA.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2020.

MORAIS, Pedros; CARSALADE, Flávio de Lemos. Conjunto Moderno da Pampulha no Contexto do Patrimônio Mundial da Humanidade: Uma Análise Comparativa. **Anales de Investigación en Arquitectura**. Vol. 4, 2014, ISSN 2301-1513, p. 7 -28.

MORI, Eva Kaiser. **Caracterização das pinturas do artista Alfredo Volpi por meio de métodos não destrutivos**: espectrofotômetro, EDXRF, MEV, e imageamento, 2015. 272 p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em:

[https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44144/tde-17112015\\_151200/publico/Corrigida\\_EKM.pdf](https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44144/tde-17112015_151200/publico/Corrigida_EKM.pdf). Acesso em 20 mai. 2019.

MOURA, M. T. Dantas; ROSADO, Alessandra; RODRIGUES, Rita Lages. Via-Sacra de Candido Portinari: novos olhares a partir da História da Arte Técnica. **Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio**. Rio de Janeiro: Unirio/ MAST, vol.14, nº1, p. 539-558, 2021. Disponível em:

<https://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/ondex.php/ppgpmus/article/viewPDFintertitil/841/809>. Acesso em: 15 mai 2021.

MULLER, Norman. E. An Early Example of a Plywood Support for Painting. **Journal of the American Institute for Conservation**, v. 31, n. 2, p. 257-260 1992.

Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/3179496>. Acesso em: 11 dez. 2018.

MUSÉE D'ART MODERNE DE PARIS (MAM). **La Fée Electricite**. Paris: MAM, 2020. Disponível em: <https://mam.paris.fr/fr/oeuvre/la-fée-electricite>. Acesso em 10 dez. 2020.

MUSEU DE ARTE DA PAMPULHA (MAP). **Inventário** – Museu de Arte da Pampulha. MAP. ASSOCIAÇÃO DOS AMIGOS DO MUSEU (ORG). Belo Horizonte: MAP, 2010. 240 p.

NAGAVALLY, Rahul Reddy. Composite Materials - History, types, fabrication, techniques, advantages and applications. *In: International Journal of Mechanical and Production Engineering*. Vol. 8, issue 9, p. 37 763-37 768. 2016. Disponível em: <http://journalcra.com/sites/default/issue-pdf/17323.pdf>. Acesso em: 7 mar. 2020.

NASCIMENTO, Maria de Fátima do; *et al.* **Painéis de Partículas de Média Densidade (MDP)**. Fabricação e Caracterização. São Carlos: EESC, USP, 2005. 74 p.

NETO, Edgardo Moreira. **Reitoria da UFMG**: uma expressão do modernismo em Minas Gerais. Belo Horizonte: ArchDaily Brasil. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/928961/reitoria-da-ufmg-uma-expressao-do-modernismo-em-minas-gerais>. Acesso em: 10 jun 2019.

NISGOSKI, Silvana. **Anatomia da Madeira** (Apostila). Curitiba: UFP. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2016. Disponível em:

<http://www.madeira.ufpr.br/disciplinassilvana/APOSTILA-ANATOMIA-1P-2016.pdf>. Acesso em 21 abr. 2019.

OKAPAN. Madeira Aglomerada. **Revista Silvicultura**. São Paulo: ano XII, n. 43, p. 4, Junho de 1992. Disponível em: [celso-foelkel.com.br/artigos/outros/43\\_Silvicultura\\_Edicao\\_43\\_1992.pdf](http://celso-foelkel.com.br/artigos/outros/43_Silvicultura_Edicao_43_1992.pdf). Acesso em: 05 nov. 2019.

PEDROSA, Israel. **O Universo da cor**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2006. 154 p.

PEDROSA, Mário. **Dos Murais de Portinari aos espaços de Brasília**. Organização de Aracy Amaral. São Paulo: Perspectiva, 1981. 421 p.

PERRY, Thomas D. Perry. **Modern Plywood**. Chicago: Pitman Publishing Corporation, 1942. 366 p.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michelle. **Estruturas de Madeira**. 6. ed. São Paulo: LTC, 2003. 241 p.

PROJETO PORTINARI. **Painéis Guerra e Paz**, 2018. Disponível em: <portinari.org.br>. Acesso em 2 ago. 2017.

REVISTA REMADE. MDP - Nova tendência na fabricação das chapas. *In: Remade Revista da Madeira*. Edição 100, novembro de 2006. Disponível em: [https://remade.com.br/br/revistada\\_madeira\\_materia.php?num+978&subj](https://remade.com.br/br/revistada_madeira_materia.php?num+978&subj). Acesso em 03 mai.2019.

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

RICHARDSON, B. A. **Wood Preservation**. Londres: Taylor & Francis, 2003. 239 p.

RINK, Mário. The form as an imprint of an idea. *In: RINK, Mário; HAUSWIRTH Florian. Formful Wood*. Explorative Furniture. Berlim: Jogis. 2019, p. 175-185  
Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/335542409\\_The\\_Form\\_as\\_an\\_imprint\\_of\\_an\\_idea/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/335542409_The_Form_as_an_imprint_of_an_idea/figures?lo=1). Acesso em: 15 jan. 2021.

RITTER, Michael A. **Timber Bridges**. design, Construction, Inspection and Maintenance. Washington: USA Dept.of Agriculture Forest Service, 1990. 902 p.

ROEDERS, Jessica. The History of cradling in the Frans Hals Museum, Haarlem. *In: Proceedings of a Symposium at Getty Center, 2009, Los Angeles. Facing the Challenges of Panel Paintings Conservation: Trends, Treatments, and Training*. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 2011, p. 212-213.

ROSADO, Alessandra *et al.* Conservação-Restauração e Transposição dos Murais do descobrimento do Brasil ao Ciclo Mineiro do café de Yara Tupinambá. *In: ANPAP, 2013. Anais 22º Encontro Nacional de Pesquisadores de Artes Plásticas*. Belém: Anpap, 2013. Disponível em: <http://anpap.org.br/anais/2013/ANAIS/ANAIS.html> . Acesso em: 23 dez. 2019.

ROSADO, Alessandra. **História da Arte Técnica**: um olhar contemporâneo sobre a práxis das Ciências Humanas e Naturais no estudo das pinturas sobre tela e madeira. 2011. 289 p. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação da Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

ROSELL, Antônio Roca. La Fée Electricité (1937). Raoul Dufy: Difusión, Reconstrucción, histórica, electrificación. *In: CUARTO SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE HISTÓRIA DE LA ELECTRIFICACIÓN*. Barcelona: 2017. **La electrificación y el territorio: historia y futuro**. Barcelona: Universidade de Barcelona, 2017, p. 1-12. Disponível em: <https://ub.edu/geocrit/Electry-territorio/AntoniRoca.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

ROTHER, Andrea. Critical History of Panel painting Restoration in Italy. *In: DARDES, Kathleen; ROTHER, Andrea. **The Structural Conservation on Panel Paintings***. Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998. v. 3, p. 188 - 199.

ROUBO, André Jacob. **L'art du menuisier**. Vol. 2. Paris: Académie Royale des Sciences, 1769. 562 p.

ROWELL, Roger M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Danvers: CRC Press, 2005. 704 p.

RUNEBERG, Ulrik. Staining and microbiological infestation of acrylic paintings on hardboard. *In: **Thirty-fifth Annual Meeting of the American Institute for Conservation of Historic & Artistic Works***. Virginia, 2007. AIC Paintings Specialty Group Postprints. N. York: AIC, 2008. Disponível em: <https://www.culturalheritage.org/docs/default-source/periodicals/paintings-specialty-group-postprints-vol20-2007.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

SALAZAR, Elaine. **Understanding Wood Supports for Art**. A brief history. New York, 2013. Disponível em: <https://justpaint.org/de/understanding-wood-supports-for-art-a-brief-history/>. Acesso em: 02 jan 2018.

SALGUEIRO, Joana; CARVALHO, Salomé de. Radiografia in situ do Pentecostes do Mosteiro de Santa Cruz de Coimbra: estudo técnico do suporte e sua relevância na história da Conservação e Restauro da pintura sobre madeira em Portugal. *In: **Estudos de Conservação e Restauro***. Porto: Universidade Católica Portuguesa/CITAR, nº 1, 2009, p. 113 a 127

SANDBERG, Dick. Additives in Wood Products - Today and Future Development. *In: KUTNAR, Andrea. **Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts***. New York: Springer, 2016. 105-72.

SANTOS, L.M. Pereira. **Análise da problemática das emissões de Formaldeído a partir do Aglomerado de Partículas de Madeira**. 2014. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/40269>. Acesso em: 10 mai. 2019.

SCHNIEWIND, Arno P. Consolidation of Wooden Panels. *In: DARDES, Kathleen; ROTHER, Andrea. **The Structural Conservation of Panel Paintings***: proceedings of



a Symposium at the J. Paul Getty Museum, 24-28 April 1995. Los Angeles: 1995. p.87-107.

SEHN, Magali Melleu. **Entre resíduos e dominós**. Preservação de Instalações de Arte no Brasil. Belo Horizonte: C/Arte, 2014. 320 p.

SHMULSKY, Rubin; JONES P. David. **Forest Products and Wood Science**. An Introduction. Iowa: Wiley-Blackwell, 2011. 471 p.

SILÉCIO, Mário. In: **Enciclopédia Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras**. São Paulo: Itaú Cultural, 2019. Disponível em: <http://enciclopedia.itaucultural.org.br/pessoa8762/mario-silesio>. Acesso em: 22 de Nov. 2019.

SOUZA *et al.* Insetos: Ordem Isoptera. In: CASTRO, V. Gomes de; GUIMARÃES, P. Paes. **Deterioração e Preservação da Madeira**. Mossoró: EdUFERSA, 2018, p. 67-84.

SOUZA, Françoise J. O.; *et al.* **Conjunto de Murais Artísticos da artista Yara Tupynambá**. Belo Horizonte: CDPCM-BH, 2009. 146 p.

SOUZA, Luiz Antônio Cruz *et al.* **Parecer técnico**: estado de conservação de duas pinturas sobre madeira, em exposição. Não publicado. Belo Horizonte, 2022.  
STARK, Nicole M; *et al.* Wood Based Composite Materials. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook** – Wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010. cap. 11.

STECK, G; Wood based panel – Plywood. In: BLASS, H.J. *et al.* **Timber Engineering**. STEP 1. Centrum Hout: Salland De Lange, 1995. p. A10/1- A10/9.

STOKKE, Douglas D.; *et al.* **Introduction to wood and Natural Fiber Composites**. Ghent: Christian Stevens, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University, 2014. 297 p.

STOLS, Maartje. Grounds, 1400-1900. IN: STONER, J. Hill; RUSHFIELD, Rebecca, ed. **Conservation of Easel Paintings**. N. York: Routledge, 2012, 161-185.

SUCHSLAND Otto; WOODSON George E. **Fiberboard Manufacturing Practices in the United States**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1986. 264 p.

SZUCS, Carlos Alberto *et al.* **Estruturas de Madeira**. Florianópolis: UFSC, Centro Tecnológico, 2015. 219 p.

TEISCHINGER, Alfred. The development of wood technology and technology developments in the wood industries – from history to future. 2010. In: **European Journal of Wood and Wood Products**. Berlin: Holz Roh and Werkstoff, 2010. v. 68, p. 281-287.

TEIXEIRA, Cláudio Valério; et al. O restauro dos painéis "Guerra e Paz" de Candido Portinari. *In: I ENCONTRO LUSO BRASILEIRO DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO*, 2011, Porto. **Actas do I Encontro Luso-Brasileiro de Conservação e Restauro**. Porto: CITAR/UCP, 2011, p. 196-206. Disponível em: [https://citar.artes.porto.pt/sites/default/files/artes/CITAR/Edicoes/15\\_restau-ro-guerra-paz.pdf](https://citar.artes.porto.pt/sites/default/files/artes/CITAR/Edicoes/15_restau-ro-guerra-paz.pdf). Acesso em: 07 mar, 2017.

THOEMEN, Heiko; IRLE, Mark; SERNER, Miland. **Wood-Based Panels: An Introduction for Specialists**. London: Brunel University Press. 2010. 278 p.

TOMASELLI, I. A indústria dos painéis no Brasil e no mundo. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1998. Belo Horizonte. **Anais**. Viçosa: SIF/UFV/DEF, 1998, p. 550.

TOUMPANKI, ELENI; et al. **Beyond What Meet the Eye: Imaging and Imagining Wood Mechanical Structural Properties**. Weinheim: Wiley-VCH, 2020. 22 p.

TUPYNAMBÁ, Yara. **Muralismo**. Belo Horizonte: Adi Edições, 2013. 117 p.

UNESCO. The care of paintings: the care of wood panels. *In: UNESCO. Museum*. Paris: UNESCO, 1955, p. 139-194. Disponível em: <https://unesco.org/ark:/48223/pf000010557?posInSet=1&queryId=d827eebe-cc8944-bb46-bce77df0de6>. Acesso em: 11 nov. 2018.

UZIELLI, Luca. Historical Overview of Panel-Making Techniques in Central Italy. *In: DARDES, Kathleen; ROTHE, Andrea. The Structural Conservation on Panel Paintings*. Proceedings of a Symposium at the J. Paul Getty Museum. Los Angeles: Getty Conservation Institute, 1998. v. 2, p.110 - 184.

VIDAL, André C.F; HORA, André Barros da. Panorama de mercado: Painéis de madeira. *In: BNDES SETORIAL. Produtos Florestais*. BNDES: Rio de Janeiro, 2014. n.40, p. 323-384.

VICTORIA AND ALBERT MUSEUM. **A short history of Plywood in ten-ish objects**. Londres, V & A Museum, 2017. Disponível em: <http://vam.ac.uk/articles/a-history-of-plywood-in-ten-objects>. Acesso em: 10 fev. 2019.

VICTORIA AND ALBERT MUSEUM. **Inside the Plywood: Material of the Modern World** exhibition. Londres, V&A Museum, 2017. Disponível em: <http://vam.ac.uk/articles/inside-the-plywood-material-of-the-modern-world-exhibition>. Acesso em 10 fev 2019.

WADUM, J.; STREETON Noëlle L. History and use of panels or other rigid supports for easel paintings. *In: STONER J. Hiil; RUSHFIELD, R. Conservation of Easel Painting*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2012. p. 51-115. Disponível em: <https://www.artcons.udel.edu/mitra/Documents/Rigid%20Supports.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2020.

WALSH, Niall Patrick. **Proibido em 65 países, amianto volta ao mercado dos EUA**. ArchDaily Brasil, 2018. Disponível em: [archdaily.com.br/br/899909/proibido-em-65-paises-amianto-volta-ao-mercado-dos-eua](http://archdaily.com.br/br/899909/proibido-em-65-paises-amianto-volta-ao-mercado-dos-eua). Acesso em 19 jun.2021.

WIEDERNHOEFT, Alex C., MILLER Regis B. Structure and function of wood. *In*: ROWELL, Roger M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Danvers: CRC Press, 2005. cap.2.

WIEDENHOEFT, Alex. Structure and Function of Wood. *In*: **Wood handbook – Wood as an engineering material**. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, WI: U.S. 2010. cap. 11.

WINANDY J. E.; SKOG, K.K. Wood Composites and others Biocomposites. *In*: **Forests and Forestry in the Américas: An Encyclopedia**. NC: North Carolina State University, 2007. Disponível em: <https://sites.google.com/site/forestryencyclopedia/Home/Wood%20Composites>. Acesso em: 03 mai 2019.

## APÊNDICE A ENTREVISTA COM A ARTISTA YARA TUPYNAMBÁ

Roteiro de entrevista para tese de doutorado no programa de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Doutoranda: Beatriz Maria Fonseca Silva

Orientadores: Professor Dr. Edgar Carrasco e Professor Dr. Luiz Souza

Tema: O emprego de painéis industrializados derivados da madeira como suporte pictórico no âmbito da Conservação de Bens Culturais

Entrevista artista Yara Tupynambá

**Obra 1: Inconfidência Mineira** (1969) dimensão: 40x4m

Local: Reitoria UFMG

Material/ Técnica Tinta acrílica sobre placas de “Ocaplan”, conforme a publicação: “Conjunto de Murais da Artista Yara Tupynambá”. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/noticia/dossier\\_yara.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/noticia/dossier_yara.pdf)>

Pergunta 1. Quais as características do material “Ocaplan” foram atrativas para a escolha?

Resposta: Na época, o Ocaplan era o material mais usado para este tipo de trabalho. Por ser mais leve e resistente.

Pergunta 2. Existiu orientação técnica para fixação das placas na parede da reitoria?

O pessoal da área de engenharia da prefeitura da UFMG me ajudou, fornecendo os operários do Campus com capacidade para fazê-lo.

Pergunta 3: A pintura foi executada com as placas já instaladas no local, com utilização de andaimes?

Resposta: Impossível, pela altura da colocação do painel. As placas eram colocadas no chão contra a parede e levemente inclinadas para que eu pudesse pintar. A Reitoria montou para mim um grande ateliê no 2º andar.

Pergunta 4: Como as tintas acrílicas foram aplicadas? Diretamente sobre as placas ou aplicou-se alguma base de preparação ou fundo especial para madeira?

Resposta: Não se usava, na época, o acrílico. Tudo foi feito a partir de tintas Suvinil que, a meu ver, até hoje, são as mais próprias para as grandes superfícies. A base foi feita com tinta Suvinil branca, lixada levemente para receber posteriormente o desenho.

OBS: Gostaria que você lembrasse a seus professores:

A importância do painel é seu caráter estético e político, ao mesmo tempo, pois foi executado em plena ditadura. Tiradentes, neste trabalho, é o símbolo da liberdade. O material é o que menos tem importância.

O painel foi limpo por mim, depois de 15 anos de sua realização. Nunca houve interesse por parte da Reitoria em conservá-lo. O que fiz foi tudo sem pagamento, bem como sua realização. Não quis que meu trabalho se deteriorasse por falta de interesse de outros. Hoje, não tenho mais idade para fazê-lo.

**Obra 2: Desbravamento do Rio São Francisco** (1968) dimensão: 10x4m

Localização atual: Auditório Prof. Niedilson Rodrigues da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais.

Procedência: O mural foi doado pelo Banco Mercantil através de seu vice-presidente Virgílio Horácio de Paiva Abreu para a Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais conforme dados da publicação: "Conjunto de Murais da artista Yara Tupynambá".

Pergunta 1: O painel foi originalmente executado para o Banco Mercantil. Ele estava exposto em qual agência/departamento desta instituição?

Resposta: O painel foi feito a pedido do Sr. José Osvaldo de Araújo e colocado no espaço principal do Banco, na entrada do prédio, assim dando vida a um espaço

neutro. Alguns anos mais tarde, algum decorador incompetente, disse a Diretoria que o painel ficava sendo muito olhado e, assim, atrapalhando os negócios.

Pergunta 2: A execução foi realizada com as placas de “Ocaplan” já fixadas na parede?

Resposta: As placas foram encostadas na parede, separadas e pintadas e, posteriormente, ajuntadas e fixadas.

Pergunta 3: Como as tintas acrílicas foram aplicadas? Diretamente sobre as placas ou aplicou-se alguma base de preparação ou fundo especial para madeira?

Resposta: Aplicadas em camadas, a partir de uma base já preparada com Suvinil. Na época não conhecíamos o acrílico.

Pergunta: O painel foi transferido do Banco Mercantil para a UFMG. Existem informações sobre como foi realizada a desmontagem e a transferência para a UFMG. Quem foi responsável por este processo?

Resposta: O painel ficou cerca de 8 anos (ou mais) fechado em caixas na garagem do prédio e eu sempre brigando com os Diretores do banco para dar uma destinação adequada a ele.

Na gestão da Reitora Ana Lúcia Gazola eu a procurei e pedi para que o mural fosse colocado em alguma unidade da UFMG. A Reitora achou que sua colocação seria perfeita, na Faculdade de Educação, que acabara de ser estruturada. Voltei ao Banco, expus o pensamento da Reitora e eles acharam pertinente o meu pedido. Assim foi feita a transferência das caixas com as placas. Na época, a Reitoria da UFMG me emprestou um caminhão.

Pergunta: No documento “Conjunto de Murais da Artista Yara Tupynambá” consta que o mural foi restaurado em 2003. Existem informações sobre este restauro?

O painel estava cheio de buracos que haviam feito para colocação de placas de telefones, tomadas e outros que não fiquei sabendo para que foram feitos.

A reitora me arranjou uma sala para meu trabalho de restauração, mas não podia me dar um ajudante, uma vez que, convocados, os alunos de Belas Artes não quiseram

fazê-la, porque não seriam pagos. Não recebi um tostão para o trabalho de restauro e ainda levei comigo um ajudante, que eu mesma pagava. A prefeitura da UFMG me arranhou um carpinteiro que tapou os buracos usando madeira. Trabalhei mais de 3 meses na restauração mesmo não sendo restauradora. O CECOR achou que não tinha tempo para fazê-lo. Terminada a minha parte, o setor de engenharia da Prefeitura da UFMG se encarregou de transportá-lo e fazer a sua instalação no espaço. Fiquei satisfeita por ter preservado uma parte da história de Minas, pois o painel se refere ao desbravamento do Rio São Francisco, primeiro caminho feito pelos baianos na abertura de nosso território.

## APÊNDICE B RELATÓRIO VISITAS TÉCNICAS

A visita técnica aos dois grandes produtores de painéis de fibra no Brasil, Duratex e Eucatex, está inserida na proposta metodológica desta tese. Visa um aprofundamento teórico e prático sobre a produção de painéis de fibra e partículas no Brasil.

A escolha das empresas Duratex e Eucatex deve-se à participação efetiva das duas empresas desde o início da produção de painéis derivados da madeira no Brasil (FIG.166,167). A proximidade geográfica das indústrias e a receptividade dos gestores disponibilizando pessoal para conduzir a visita técnica foi também fator preponderante.

Figura 166 - Propaganda Duratex (1956)



Fonte: <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/216/25>

Figura 167 - Propaganda Eucatex (1955).



Fonte: <http://www.acropole.fau.usp.br/edicao/201/39>



## B.1 Visita à Duratex

A organização da visita foi elaborada conjuntamente com equipes das indústrias, adequando as datas e horários conforme a disponibilidade de cada uma. As empresas indicaram a melhor estratégia para chegar ao local, visto que o polo industrial de ambas está instalado em zonas rurais, sugerindo opções seguras de transporte e hospedagens. A partir da adequação dos dias e horários das visitas técnicas estabelecemos nosso cronograma, apresentado no Quadro 20.

Quadro 19 - Organização/cronograma

<b>ITINERÁRIOS</b>				
<b>Saída</b>	<b>Data</b>	<b>Destino</b>	<b>Transporte</b>	<b>Hospedagem</b>
<b>Belo Horizonte - Confins</b>	11/03/2020	Bauru - S.P	Avião	
<b>Bauru</b>	11/03/2010	Agudos - S.P	Táxi	
<b>Agudos</b>	12/03/2020	Duratex	Táxi	Hotel
<b>Agudos</b>	12/03/2020	Botucatu - S.P	Ônibus	Hotel
<b>Botucatu</b>	13/03/2020	Eucatex	Táxi	Hotel
<b>Botucatu</b>	13/03/2020	São Paulo	Ônibus	Hotel
<b>São Paulo</b>	14/03/2020	BH - Confins	Avião	

Fonte: Arquivo do projeto, 2020.

As visitas contaram com recurso financeiro do LACICOR e da CAPES.

A unidade da Duratex (FIG. 168) visitada em 12/3/2020 localiza-se na Rodovia Mal. Rondon, s/n - Zona Rural, Agudos - SP, 17120-000. Apresentamos no Quadro 21 o planejamento da visita proposta pela Duratex.

Quadro 20 - Programação visita à Duratex

<b>Local</b>	<b>Data</b>	<b>Horário</b>	<b>Responsável</b>
<b>Espaço Arvorar</b>	12/03/2020	8:30 às 10:30	Gustavo Uberti (eng. ambiental)
<b>Operações de Campo</b>	12/03/2020	10:30 às 13:00	Luiz Baccarin (coordenador de operações Florestais)
<b>Fábrica</b>	12/03/2020	14:00 às 16:00	Allex de Freitas Lemes (coordenador operações industriais)

Fonte: Arquivo do projeto, 2020.

Figura 168 - Fábrica Duratex em Agudos (SP).



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

### B.1.1 Breve histórico da Duratex

A fundação da empresa Duratex S.A. em 1951 foi fruto do empreendedorismo de Eudoro Villela e Nivaldo Coimbra de Ulhoa Cintra, profissionais do ramo da importação e exportação. Os dois empresários paulistas atentos ao potencial brasileiro para a fabricação de chapas de fibra de madeira vislumbraram investir na produção nacional. Até então, o produto era importado da Suécia. Em 1954 fundou a primeira fábrica, localizada na cidade de Jundiaí, estado de São Paulo. Atualmente, a marca Duratex além da Divisão Madeira, responsável pela fabricação de painéis de fibras e partículas, engloba as indústrias do ramo de metais e louças sanitárias Deca e Hydra, e dos revestimentos cerâmicos Ceusa e Portinari. A empresa mantém 6 unidades florestais, 16 unidades industriais no Brasil e 3 fábricas na Colômbia. O Quadro 22 apresenta o percurso histórico da Divisão Madeira.

Quadro 21 - Percurso histórico Duratex Divisão Madeira.

Período	Atividade/marco	Observação
Década de 50	Data oficial da fundação: 31/03/1951 Em 1954: entra em funcionamento a primeira fábrica de painéis em Jundiaí - São Paulo Em 1957: primeira exportação para EUA	Equipamentos e maquinários adquiridos da empresa sueca Desfibrador
Década 60	De 1961 a 1965: duplicação da capacidade fabril de Jundiaí 1968: implementação linha pintura Duraplac	Obtém o Certificado de Sociedade anônima de capital aberto.
Década 70	Marco de sua projeção internacional: a empresa instala um escritório nos EUA. Adquire também, uma grande área florestal no município de Lençóis Paulista (SP) para o abastecimento de matéria-prima. 1971: é fundado a Duratex Florestal para captação de recursos, e a Duraflo Silvicultura e Comércio Ltda., responsável pelo reflorestamento e desenvolvimento de tecnologia florestal. 1973: inauguração a fábrica em Botucatu, São Paulo 1975: nova fábrica é instalada em Uberaba (MG)	A empresa finaliza a década de 70 com quatro unidades industriais na Divisão Madeira.
Década 80	1984: a Duratex assume o controle das fábricas de madeira aglomerada em Itapetininga (SP) e Gravataí (RS), do grupo Peixoto de Castro, além de grandes áreas de reserva florestal 1988: adquire a unidade de madeira aglomerada do Grupo Freudenberg, no município de Agudos (SP)	A empresa finaliza a década de 80 com sete unidades industriais na Divisão Madeira.
Década de 90	1995: conquista o selo FSC® (Forest Stewardship Council®) de Manejo Florestal sendo a primeira empresa da América do Sul a comprovar o manejo ambientalmente adequado, socialmente benéfico e economicamente viável de suas florestas. 1977: instala em Agudos (SP) a sua primeira linha de <i>Medium Density Fiberboard</i> (MDF).	A empresa comemora 50 anos. Intensificou investimentos na área de gestão e certificação. As exportações para os EUA totalizam, em 1997, 57% do volume de exportações de chapas de fibra
Anos 2000	2000: conquista a certificação FSC® para Cadeia de Custódia, que garante a rastreabilidade da madeira utilizada no processo produtivo 2002: a Divisão Madeira em Botucatu (SP) é ampliada com tecnologia de ponta para a produção de painéis. A unidade de Gravataí (RS) é desativada, com redirecionamento da produção para Itapetininga (SP) 2003: inaugura uma nova linha de painéis em Botucatu (SP), obtendo o título de maior fabricante do Brasil é referência em tecnologia e redução de impactos ambientais. 2009: associa-se à Satipel, criando a maior indústria de painéis de madeira do Hemisfério Sul.	Finaliza o ano de 2009 com cinco unidades industriais na Divisão Madeira.

---

2009: inaugura a maior linha de MDF do mundo, na fábrica de Agudos (SP)

---

2009: desativa a fábrica de Jundiaí

---

2009: adquire uma nova área florestal em Estrela do Sul.

---

2010: desenvolve na unidade de Agudos (SP) uma fábrica de resinas.

---

2010: comemora 60 anos de fundação preparando as indústrias para obtenção da certificação ISO 14001, que atesta a qualidade de nosso Sistema de Gestão Ambiental.

---

2012: obteve Dow Jones Sustainability World Index, o mais importante índice de sustentabilidade do mercado financeiro mundial. Também entrou para o Cadastro Empresa Pró-Ética - uma iniciativa da Controladoria-Geral da União e do Instituto Etho, que avalia e divulga as empresas voluntariamente engajadas com a prevenção e o combate à corrupção envolvendo órgãos públicos. Conquistou a certificação ISO 14001 em cinco unidades industriais das Divisões Deca e Madeira: Metais São Paulo (SP), Metais Jundiaí (SP), Louças São Leopoldo (RS), Painéis Agudos (SP) e Painéis Uberaba (MG). Adquiriu também neste ano 37% das ações da Tablemac, empresa colombiana de painéis de madeira industrializada.

---

2013: aumento para para 80% da participação na Tablemac passando a ter o controle de quatro unidades industriais na Colômbia.

---

2014: associa-se com a empresa Caeté, criando a Caetex, joint venture para plantio de florestas de eucalipto em Alagoas, reforçando a atuação no nordeste brasileiro

---

2018: em parceria com o grupo austríaco Lenzing consolida o *joint venture*, a construção da maior linha industrial de celulose solúvel do mundo no Triângulo Mineiro.

---

2018: A unidade industrial de Botucatu de chapa dura de madeira é transferida para a Eucatex.

---

Fonte: Duratex. Disponível: <https://www.duratex.com.br/pt/quem-somos/historia>

### B.1.2 Espaço Arvorar

A visita foi conduzida pelo engenheiro ambiental Gustavo Uberti. O espaço Arvorar inaugurado em outubro de 2017, por meio da Lei de Incentivo à Cultura do Estado de São Paulo, foi concebido com o objetivo de apresentar ao público adulto e infantil uma abordagem criativa sobre a história da madeira.

Atualmente, o local está recebendo manutenções estruturais. Mas foi possível percorrer o espaço expositivo composto por grandes painéis, vitrines e cenários. Somente os efeitos sonoros estavam desligados.

Entre outras atividades oferecidas no lugar, que conta com o apoio de monitores, os visitantes têm a oportunidade de conhecer a textura de árvores típicas do bioma Mata Atlântica, como a Araucária, ouvir os sons de uma floresta tropical e conhecer os processos de cultivo, manejo e extração sustentável da madeira, bem como seu protagonismo na história, como na época da construção das pirâmides do Egito (Duratex, 2017).

O Espaço Arvorar localiza-se próximo às florestas de eucalipto da Duratex, perto de trilhas que propiciam passeios a pé e de bicicleta (FIG. 169). Apresenta infraestrutura completa para receber visitantes. No entorno encontra-se uma capela, erguida na época do antigo município Espírito Santo da Fortaleza, que deu origem às cidades de Bauru e Agudos.

Figura 169 - Espaço Arvorar



Fonte: Arquivo do projeto, 2020.

O painel introdutório apresenta uma breve história do uso da madeira nos diversos tempos e atividades da história (FIG. 170), expõe ainda dados sobre a biodiversidade brasileira e aborda o conceito do uso sustentável da madeira através das florestas plantadas. Pode-se observar a maquete do viveiro de mudas, que posteriormente, originarão a floresta de eucalipto e transformadas em matéria-prima para os painéis industrializados (FIG. 171).

Figura 170 - Painel introdutório: Espaço arvorar



Fonte: Arquivo do projeto, 2020.

Figura 171 - Maquete viveiro de mudas



Fonte: Arquivo do projeto, 2020.

O percurso finaliza destacando obras de arte em painéis de madeira. Ao esclarecer o propósito da nossa visita, direcionada ao estudo dos painéis com vistas à conservação de bens culturais, percebemos o impacto desta informação, pois este era um assunto até então não observado pelos profissionais do local.

### B.1.3 Operações de campo

Munidos de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) visitamos a área florestal onde são plantados os eucaliptos – *Eucalyptus grandis*, *E.urophylla*, *E.saligna*, *E.camaldulensise híbridos de E.grandise E.urophylla* – matéria prima básica para a produção dos painéis (FIG. 172). Foi possível acompanhar as etapas de plantio,

adubação, irrigação, controle de pragas (FIG. 173) com inseticidas, derrubada e corte das árvores (FIG. 174).

A empresa possui Plano de Manejo Florestal (PMF) cujas diretrizes e procedimentos seguem os critérios estabelecidos pelo *Forest Stewardship Council (FSC)*<sup>52</sup>. A seleção das espécies plantadas passa pela avaliação das condições climáticas e do tipo de solo dos locais de plantio. O processo inicial é a seleção de sementes para produção de mudas em viveiro (não visitamos o viveiro). A infraestrutura para o manejo florestal emprega equipamentos de silvicultura e recursos humanos com ferramentas manuais para atividades específicas, como por exemplo, o plantio de mudas. Tratores são utilizados para o preparo do solo, irrigação e aplicação de inseticidas.

Figura 172 - Operação de Campo



Fonte: Arquivo Projeto,2020.

---

<sup>52</sup> O FSC, *Forest Stewardship Council*, é uma organização independente, não governamental, sem fins lucrativos, criada para promover o manejo florestal responsável ao redor do mundo. Disponível em: <https://br.fsc.org/pt-br/fsc-brasil>

Figura 173 - Controle pragas



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

Figura 174 - Derrubada de árvores



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

O plantio é realizado pelos operadores florestais (FIG. 175). Uma pessoa planta aproximadamente 1 hectare por dia (1.750 mudas).

A colheita é mecanizada. Utiliza-se os *Harvesters* (trator específico para colheita) que derruba por volta de 600 árvores por hora.

O processamento (FIG. 176) é realizado com a máquina denominada Garra Traçadora que secciona em média 900 árvores caídas por horas. As toras ficam aproximadamente 60 dias no campo para secagem natural. Após este período são recolhidas pelo trator Carregador Florestal e levadas à indústria.



Figura 175 - Plantio. Operador Florestal.



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

Figura 176 - Etapa de processamento

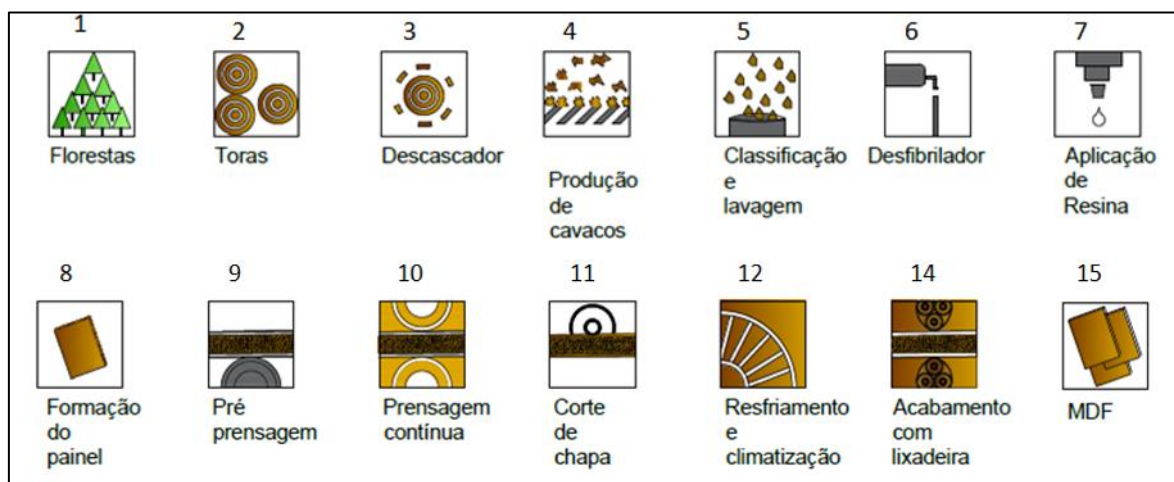


Fonte: Arquivo do Projeto: (2020)

#### B.1.4 Visita ao setor industrial Duratex

A visita foi realizada no setor industrial onde as toras são processadas e transformadas no painel *Medium Density Fiberboard* (MDF). Novamente o cuidado com EPIs necessários foram obedecidos. Passamos por todo o processo de fabricação do MDF, esquematizado no fluxograma (FIG. 177), elaborado a partir de um modelo disponibilizado pela própria Duratex. As fotografias não são permitidas no local. A fábrica de Agudos trabalha, ininterruptamente, dia e noite produzindo chapas de MDF para o mercado nacional e internacional.

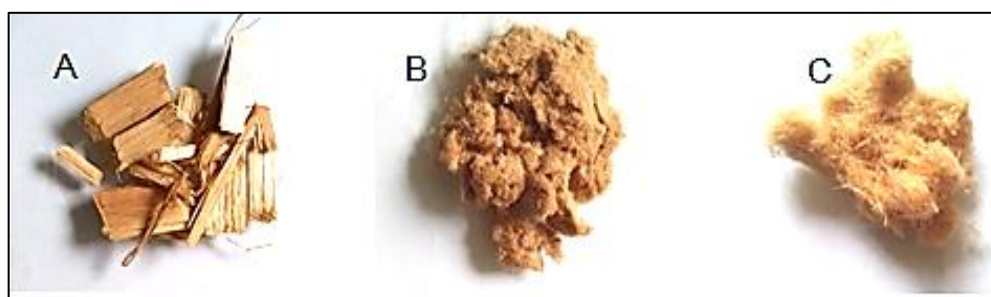
Figura 177 - Esquema de fabricação do MDF Duratex



Fonte: Duratex (2015)

Trouxemos amostras dos cavacos e fibras presentes no processo de industrialização (FIG. 178):

Figura 178 - Amostras de cavacos e fibras



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

Produção de Cavacos (FIG. 113 A).

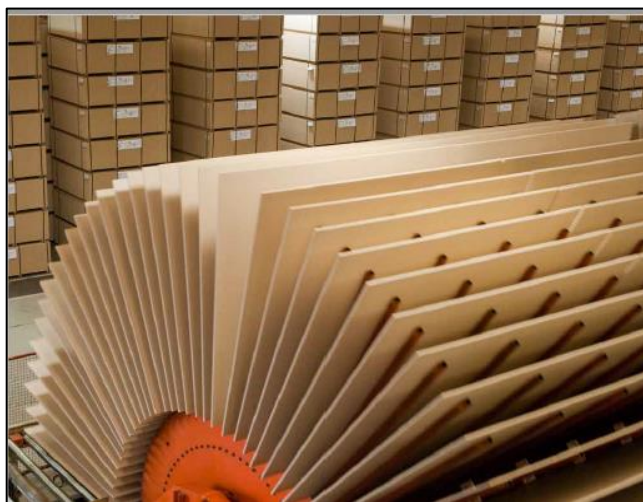
Desfibrilador (FIG. 113 B).

Formação do painel (FIG. 113 C).

A produção industrial dos painéis de MDF inicia-se com a retirada das cascas no "Descascador". Esta ação promove melhor qualidade final nos painéis de MDF. Após esta etapa são produzidos os cavacos em máquina "Picadora" onde a madeira é fragmentada em pedaços de aproximadamente 6 a 10 cm<sup>2</sup>. Os cavacos são selecionados, lavados e seguem para o processo de desfibrilamento. Os que foram

descartados, juntamente com as cascas, são reaproveitados como biomassa nas caldeiras, gerando energia para as demais etapas da produção e proporcionando uma economia substancial no processo industrial. O procedimento de desfibrilamento é termomecânico. Na sequência, as fibras recebem resinas sintéticas e aditivos, conforme a especificidade do painel, são secas até obter a umidade adequada à formação do colchão de fibras. O colchão é transportado por meio de esteiras para a etapa de pré-prensagem, que retira o excesso de ar, seguindo para o processo de equalização da superfície com o sistema de prensagem contínua e, por fim, o acabamento das bordas com o corte. Os painéis de MDF após cortados estão praticamente prontos, mas ainda estão muito quentes. Para o resfriamento utiliza-se o "Resfriador Giratório" (FIG. 179).

Figura 179 - Resfriador giratório



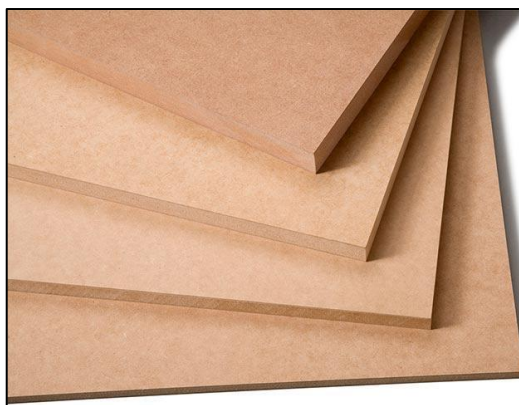
Fonte: <https://www.duratexmadeira.com.br/paineis/paineis-mdf/>

Os painéis são deixados no ambiente por aproximadamente 48 horas visando a aclimatização. O acabamento com lixadeira na superfície padroniza a espessura finalizando o processo dos painéis sem revestimento (cru) e preparando a superfície para outros acabamentos. Os painéis são nomeados pela Duratex como:

- MaDeFibra: painéis sem revestimento, cru. (FIG. 180).
- MaDeFibra Ultra: painéis com proteção contra umidade, cupins e bactérias.

- MaDeFibra BP: painéis revestidos com laminado melamínico Baixa Pressão. Utiliza-se papel decorativo impregnado com resina melamínica. Através de pressão e temperatura funde-se o papel ao painel. Segundo as informações recebidas na visita, o papel usado pela Duratex é importado.
- MaDeFibra BP Ultra: painéis revestidos em uma ou duas faces com laminado melamínico branco, com tripla proteção contra umidade, cupins e bactérias.
- MaDeFibra PH: painel em MDF pintado com acabamento semi fosco.

Figura 180 - Painel MDF cru



Fonte: <https://www.duratexmadeira.com.br/paineis/paineis-mdf/>

### B.1.5 Especificações técnicas

As diversas tipologias de placas de MDF são fabricadas em medidas específicas (QUADRO 23). Os acabamentos são diversos e aplica-se papel decorativo e resina melamínica (FIG. 181).

Quadro 22 - Dimensões Painéis MaDeFibra

Produto	Espessuras (mm)	Dimensões (mm)
<b>MaDeFibra</b>	2,5/3/6/9/12/15/18/20/25/30/35	1840 x 2440/ 1840 x 2750/ 2100 x 2440/ 2440 x 2750
<b>MaDeFibra BP (FIG. 26)</b>	6/15/18	1840 x 275
<b>MaDeFibra Ultra</b>	6/9/15/18/25	1840 x 275
<b>MaDeFibra Ultra BP</b>	6/15/18	1840 x 275
<b>MaDeFibra PH</b>	2,5	2130 x 2750

Fonte: Duratex, 2015.

Figura 181 - Padrões MaDeFibra BP



Fonte: <https://www.duratexmadeira.com.br/wp-content/uploads/2017/08/catalogo-paineis-duratex.pdf>

A fabricação segue as especificações da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A tolerância dimensional é determinada pela NBR 15316-2: 2015 (QUADRO 24).

Quadro 23 - Tolerância Dimensional Painéis MaDeFibra

Variáveis	Limites (NBR 15316-2)	
	Painéis esp. ≤ 9mm	Painéis esp. > 9mm
<b>Espessura</b>	± 0,2 mm	± 0,3 mm
<b>Esquadro</b>	Máximo 2,0 mm/m	
<b>Retilidade</b>	Máximo 1,5 mm	

Fonte: Duratex, 2015.

### B.1.6 - Recomendações

A empresa Duratex (2015) fornece especificações e recomendações de uso para a utilização correta dos painéis:

- Manter os painéis afastados da luz solar para evitar descoloração.
- Manter os painéis afastados de incidência de calor superior a 50°.
- Os painéis são indicados para ambientes internos, arejados e secos (para evitar mofo).
- Os painéis são higroscópicos e quando fixados diretamente à parede podem ganhar ou perder volume, dependendo da condição ambiental. Indica-se um espaçamento mínimo de 2mm entre o painel e a parede.
- Os painéis MaDeFibra ao receberem pintura devem ser lixados, limpos e selados. A pintura pode ser tipo pistola ou com rolos.
- A limpeza das chapas deve ser realizada com pano úmido, e se necessário, usar detergente neutro.
- Quanto ao uso de parafusos a recomendação é usar os tipos "Fix", parafuso tipo auto-atarrachante, específico para este tipo de painel, devido ao corpo mais fino e as roscas mais distantes. Ao utilizar é importante a pré-furação com broca da mesma bitola do parafuso.
- O transporte individual das chapas deve ser realizado por duas pessoas com a chapa na posição vertical.
- O armazenamento das chapas deve ser mantido em local protegido de umidade e do calor intenso. As chapas devem ser acondicionadas bem alinhadas, em superfície plana, para evitar empenamentos.

- O descarte de resíduos e pó de MDF são classificados como classe II A - produtos não perigosos e não inertes e podem ser descartados em aterros de co-disposição ou industrial. Não devem ser utilizados como combustível em fornos, fogões, lareiras e churrasqueiras. Não devem ser queimados a céu aberto.

## **B. 2 Visita à Eucatex**

A visita à Eucatex S.A. aconteceu em 13/03/2020, no endereço: Estrada Municipal Botucatu / Itatinga, s/n - Botucatu - SP. Fomos recepcionados pelo engenheiro da empresa Sr. Deny Antunes Geronutti, que nos acompanhou no setor industrial de produção de chapas duras.

### **B.2.1 Breve Histórico da empresa**

O ano de 1923 marca o início das atividades da empresa com a Serraria Americana (FIG. 182). As atividades e polos industriais foram sendo ampliados no decorrer dos anos, englobando produção de pisos, divisórias, portas, chapas de fibras de madeira, painéis de aglomerado e MDF, tintas e vernizes. Atualmente, o Grupo possui seis fábricas, localizadas em Botucatu e Salto, cidades do interior do Estado de São Paulo, e Cabo de Santo Agostinho, no estado de Pernambuco. A empresa mantém vendas no território nacional e internacional.

Figura 182 - Fotos históricas da Eucatex.



Fonte: <https://www.eucatex.com.br/sobre-a-eucatex/historia>  
A Serraria Americana marca o início da empresa em 1951.

O Quadro 25 apresenta o percurso histórico do setor de painéis de madeira da Eucatex.



Quadro 24 - Histórico Eucatex Madeira

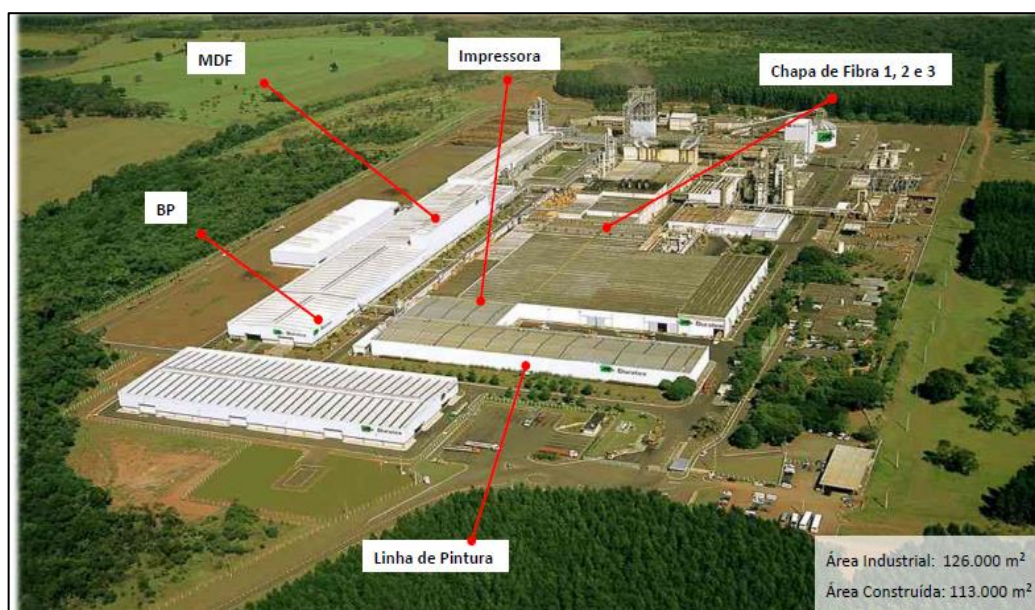
<b>Período</b>	<b>Atividade</b>	<b>Observação</b>
<b>Ano</b>		
<b>1923</b>	Serraria Americana (São Paulo)	
<b>1951</b>	Início das atividades da Fábrica em Salto (SP) com foco em forros acústicos e chapas de fibra.	Expandiu a produção para chapas isolantes e acústicas.
<b>1956 a 1965</b>	Instalação de escritório de representação em capitais brasileiras e na Argentina. Iniciou exportações para Europa em 1965	Finalizou este período produzindo cerca de 100 toneladas de painéis/dia.
<b>1966 a 1989</b>	Neste período acontece a inauguração da nova indústria de chapa dura em Salto. A empresa instala escritórios na Holanda, EUA e México. Também começa a produzir tinta para pintura das chapas e forros produzidos. Investe em terras e reflorestamento para garantir a autossuficiência do abastecimento de matéria-prima.	A Eucatex encerra a década de 80 exportando seus produtos para 50 países e com áreas produtivas divididas em 4 categorias: Florestal, Madeira, Metálica e Mineral.
<b>A partir de 1990</b>	1994: Inauguração de mais uma fábrica em Salto.  1996: início da fabricação de painéis de MDP em Botucatu.  1996: Conquista a certificação FSC®, tornando-se também a primeira empresa brasileira do seu setor a receber a certificação ISO 9001.  1999: cria o Programa de Educação Ambiental Casa da Natureza com objetivo de divulgar conceitos sobre a preservação do meio ambiente e a importância do manejo correto das florestas plantadas.	
<b>A partir de 2000</b>	2004: Implementa a primeira Linha de Reciclagem de Madeira, em Salto/SP, para processamento de material captado por meio do Programa de Reciclagem de Madeira. O programa consiste em recolher resíduos de madeira gerados por outras empresas, num raio de até 100 km, para transformá-los em cavacos para geração de energia consumida por unidades fabris do Grupo.  2010: a nova linha T-HDF/MDF, instalada em Salto, inicia à produção de chapas e painéis de alta tecnologia e resistência mecânica para a fabricação de portas e painéis de divisórias.	
	2018: a empresa adquire a fábrica de chapas dura da Duratex em Botucatu (SP).	A empresa passa a administrar 6 unidades fabris.

Fonte: Eucatex. Disponível em: <https://www.eucatex.com.br/sobre-a-eucatex/historia>

### B.2.2 - A Fábrica e a produção de chapas duras

A nossa visita foi na unidade adquirida da Duratex em 2018 (FIG. 183). Na imagem destaca-se o local de produção de MDF, que ainda pertence à Duratex, o restante todo é administrado pela Eucatex. Na recepção recebemos algumas informações sobre gestão de segurança. Em seguida, munidos dos EPIs percorremos o espaço fabril. O processo de fabricação dos painéis de chapas duras envolve emprego de muita água, fato questionado no quesito atual de sustentabilidade ambiental. No documento publicado em 2007 pelo Ministério Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasileiro, avaliou-se que em 2020 a produção nacional de painéis tipo chapa dura seria quase nula, devido à ampliação da produção de MDF e, principalmente, pelas pressões ambientais. Porém, a Eucatex estimou um aumento de 83% na sua produção com a aquisição da planta de Botucatu da Duratex (EUCATEX, 2018).

Figura 183 - Planta adquirida em Botucatu.



Fonte: Eucatex (2017)

Basicamente, as chapas duras são painéis de alta densidade e resistência, fabricados por processo úmido com aplicação de pressão e calor para aglutinar as fibras. Emprega-se a própria lignina presente na madeira como aglutinante. Utiliza-se ainda parafina (substância hidrofóbica para redução da higroscopicidade dos painéis), e o sulfato de prata (adicionado como catalisador para a polimerização da lignina). Apesar

do processo não incluir resinas sintéticas, dependendo do tipo de painel, a chapa pode receber uma aplicação de resina fenólica<sup>53</sup> para o acabamento. Representamos esquematicamente o processo de produção (FIG.184).

Figura 184 - Esquema Produção Chapa Dura



Fonte: a autora, 2020.

As toras trazidas das florestas são estocadas e lavadas antes de serem levadas ao "Picador" para produção dos cavacos. Os cavacos são peneirados e selecionados seguindo para o "Desfibrilador". São aquecidos a cerca de 180° C, com o emprego de muita quantidade de água para que sejam desfibrados. As fibras seguem para o "Ciclone" e o "Refinador" para obtenção da polpa, chegando à "Formadora" onde é produzido o colchão de fibra. Antes da formação do colchão recebem os aditivos: a parafina e o sulfato de prata. O colchão é prensado, retirando-se excesso de água. As fases finais envolvem tratamento térmico, cortes e lixamentos. Obtém-se, dessa

<sup>53</sup> Resina Fenólica: é um polímero termorrígido, produzido através de reações químicas de condensação entre um fenol e um aldeído. As resinas fenólicas podem ser encontradas na forma líquida e sólida, são utilizadas como taquificantes. As principais características das resinas fenólicas são: comportamento químico, alto nível de resistência, estabilidade térmica e mecânica, capacidade de agir como isolante elétrico e térmico. Disponível em: <<https://plasticovirtual.com.br/o-que-e-resina-fenolica-e-qual-a-sua-aplicacao>>. Acesso em 10 de abril de 2020.

forma, os painéis denominados chapa dura. Tanto os resíduos não utilizados na fabricação quanto a água são reciclados e reaproveitados.

Trouxemos da fábrica da Eucatex amostras dos cavacos de eucalipto e da polpa (FIG. 185) e algumas peças em formato 20 x 20 das chapas duras lisas e perfuradas.

Figura 185 - Amostras de cavacos de eucalipto e polpa



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

A: Cavacos

B: Polpa

Os painéis de chapa dura da Eucatex podem ser fabricados na espessura máxima de 6,4 cm. (mais comum são as espessuras de 2,9 a 3,9 mm). A empresa tem os seguintes padrões:

- Chapa Eucadur: chapa de fibra dura com uma face lisa e a outra corrugada (FIG.186) Cor da chapa: marrom (acabamento cru). Muito utilizada na indústria moveleira. Obras pictóricas executadas com chapa dura como suporte muitas vezes são referenciadas como "Eucatex".

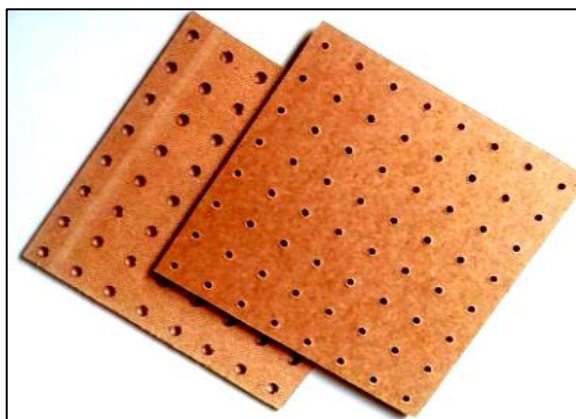
Figura 186 - Painel Eucadur



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020.

- Chapa Eucadur Perfurado: chapa de fibra dura com uma face lisa e a outra corrugada, com furação em círculos e 4,0 mm e 7,0 mm (FIG. 187).

Figura 187 - Eucadur Perfurador



Fonte: Arquivo do Projeto, 2020

- Chapa Perfurada Eucatex: chapa dura colorida perfurada com círculos de 4,76 mm espaçados a 25,4 mm. Um lado em cores e outro corrugado
- Chapa Eucaplac: chapa dura com uma face em acabamento de pintura à base d'água e secagem ultravioleta, e a outra corrugada. Também pode receber o papel com resina melamínica (FIG. 188) .

Figura 188 - Padrões acabamentos Eucaplac



Fonte: Eucaplac, 2019.

- Chapatex Eucatex: específica para embalagens é uma chapa de fibra de madeira de alta densidade, direcionada ao setor de embalagens e transportes.

A chapa mede 1000 x 1200 mm e tem a espessura de 2,5 a 3 mm. B.2.3  
Especificações técnicas

Uma curiosidade acerca dos painéis nos foi informada pelo Sr. Deny: os painéis fabricados em Salto (SP) possuem o lado corrugado em formato de losango. Os fabricados em Botucatu, seguem o padrão original da Duratex, o corrugado é mais retilíneo formando quadrados. Este detalhe pode identificar a procedência do suporte empregado em muitas obras.

### **B. 3 Considerações acerca das visitas**

As duas visitas técnicas foram produtivas e propiciaram amadurecimento acerca dos PIDM. Os produtos são fabricados com tecnologia de ponta, em consonância com as normas nacionais e internacionais. Ambas as indústrias prezam pela informação acerca da utilização e indicações de uso na indústria moveleira e afins. Porém, como prevíamos, no âmbito da conservação de bens culturais é novidade. Justifica-se, portanto, ampliar as reflexões e discussões, incluindo os fabricantes no campo de atuação de bens culturais. Inclusive, divulgando protocolos que auxiliem no domínio dos materiais e técnicas artísticas, na especificação adequada para registros e inventários, no transporte, no acondicionamento e exposição das obras.

## APÊNDICE C CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

### C. 1 Classificação botânica

Conforme a classificação de Engler<sup>54</sup> as árvores são plantas superiores da divisão das fanerógamas e subdividem-se em: i) Angiospermas – espécies que apresentam sementes em vasos (os frutos); ii) Gimnospermas – espécies que apresentam sementes nuas e estão presentes na Terra desde a era paleozoica, no período carbonífero. (WIEDENHOEFT, MILLER, 2005).

As Coníferas são árvores representativas da classe Gimnospermas, descritas na literatura como *softwood*. Apresentam folhas resistentes em formato de escamas ou agulhas e são encontradas em abundância no hemisfério norte. As Angiospermas são descritas como *hardwood* (GONZAGA, 2006).

Comumente, as madeiras são classificadas como *hardwood* (madeiras de folhosas) e *softwood* (madeira de coníferas). Assim, o nome de *hardwood* designa as madeiras de angiospermas e *softwoods* são madeiras de coníferas. Os dois tipos de madeira apresentam diferenças estruturais básicas, mas os termos *hardwood* e *softwood* não expressam a densidade relativa (massa por unidade de volume) ou dureza da madeira. Por exemplo, uma das madeiras mais leves e macias é a madeira balsa (*Ochromalagopus*), uma eudicotiledônea tropical. Diferentemente, as madeiras de algumas coníferas, como a do pinheiro-americano, são mais duras que alguns *hardwoods* (EVERT, EICHHORN, 2014, p.1172).

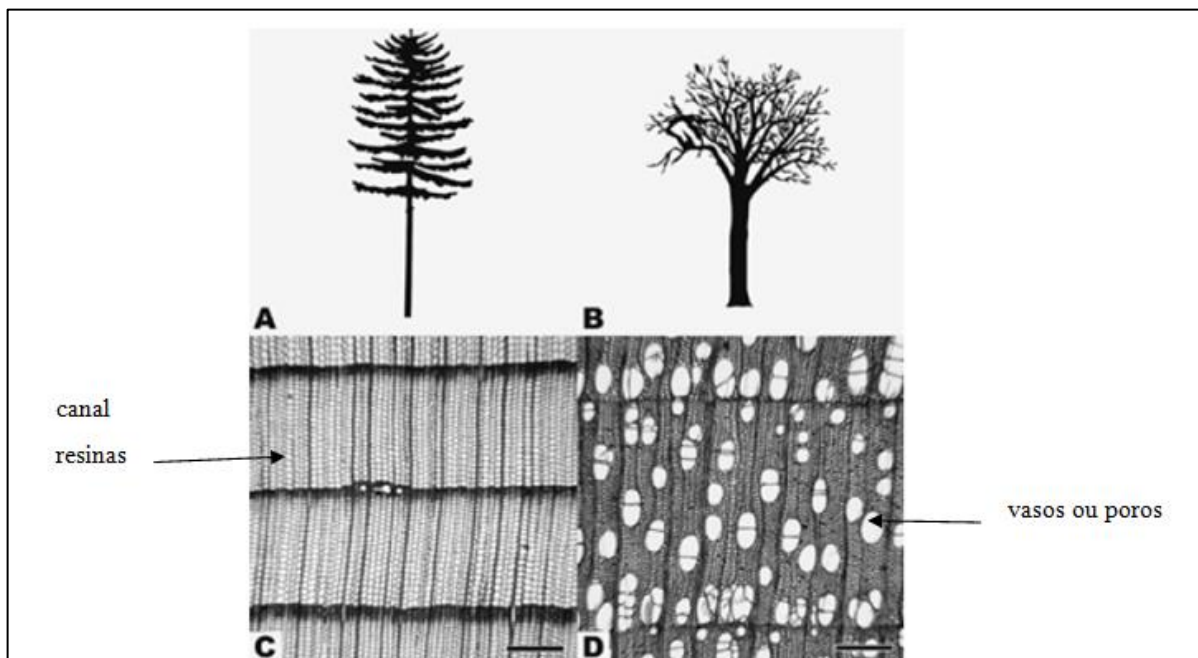
As Angiospermas dividem-se em Monocotiledôneas e Dicotiledôneas. As palmas e gramíneas são exemplos de Monocotiledôneas. As Dicotiledôneas são árvores de folhas achatadas, largas, geralmente caducas e crescimento lento, com exceção de algumas espécies como o Eucalipto. As árvores deste grupo são também designadas como Folhosas. A presença de vasos, conhecidos como poros, e das fibras (FIG.189)

---

<sup>54</sup> Adolf Engler é pesquisador e professor alemão autor de *The Natural Plantfamilies*, entre outros títulos, cujos estudos contribuíram para o sistema de classificação, ordem e família de espécies botânicas. Disponível em: <[britannica.com/biography/Adolf-Engler](http://britannica.com/biography/Adolf-Engler)>. Acesso em 07 nov. 2019.

diferem as Angiospermas das Gimnospermas (GRANG *et al*, 2018; WIDERNHOEFT, MILLER, 2005).

Figura 189 - Representação de Coníferas e Dicotiledôneas



Fonte: Adaptado de WIDERNHOEFT, MILLER, 2005.

- A) Forma genérica de uma Conífera (*softwood*). B) Forma genérica de uma Dicotiledônea (*hardwood*).  
C) Seção Transversal de uma *softwood*. D) Seção transversal de uma *hardwood*.

No Brasil, as florestas plantadas das espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* fornecem a madeira para as indústrias de painéis. Além de contribuir para a proteção das florestas nativas, ambas espécies possuem rápido crescimento e qualidade para a produção, apresentando propriedades físicas e mecânicas estabelecidas pelas normas internacionais (JAEGER, PETERSON, 2007).

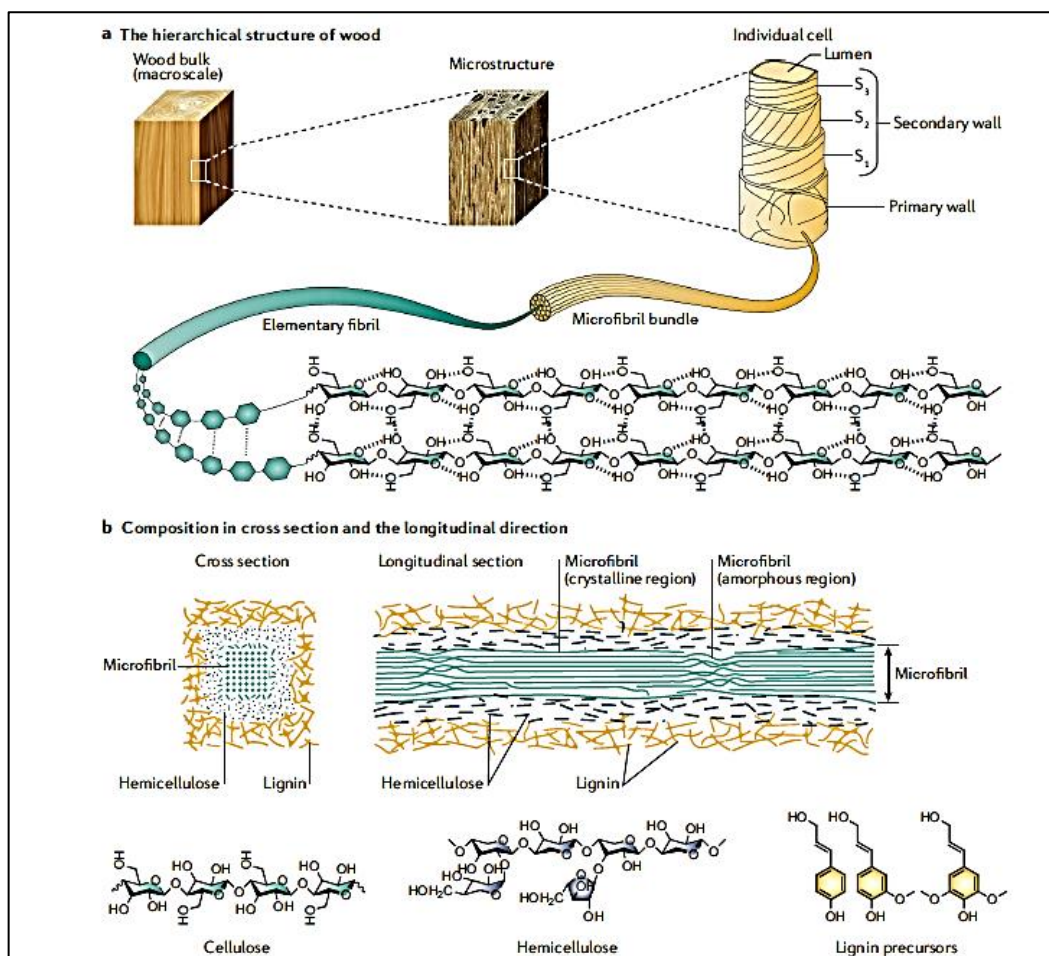
## B. 2 Estruturas do tronco

O tronco ou xilema secundário é a parte lenhosa das árvores de onde é extraída a madeira. A configuração dos seus componentes físicos e químicos apresenta-se em níveis macroscópicos e microscópicos, ostentando complexa organização com canais longos da estrutura longitudinal (FIG. 190). São estes canais que permitem a movimentação de materiais da raiz às folhas cujas paredes celulares são compostas



por multicamadas que proporcionam mais resistência e rigidez à madeira. Cada camada compreende microfibrilas de celulose incorporadas em uma matriz de lignina e hemicelulose com as microfibrilas orientadas de forma distinta em cada uma. A camada mais espessa tem microfibrilas orientadas paralelamente ao eixo da célula sendo eficaz no transporte de nutrientes e sustentação. As demais camadas têm ângulos de microfibrilas entre 50 e 70° e ajudam a prevenir a flambagem da parede celular. Nas *softwoods* o lúmen (núcleo central da célula) é usado para transportar nutrientes. Em madeiras de lei, o transporte de nutrientes é feito pelas células tubulares de maior diâmetro chamadas vasos. As *hardwoods* geralmente têm diâmetros de lúmen menores e paredes celulares mais espessas do que as *softwoods* (HARTE, 2009; EVERT, EICHHORN, 2014).

Figura 190 - Estrutura macroscópica e microscópica da madeira



Fonte: Chen, 2020.

- a) A estrutura macroscópica da madeira é formada por canais ocos e porosos ao longo da região longitudinal. S1, S2 e S3 representam as paredes secundárias das células que envolvem o interior do lúmen (o espaço vazio no centro da célula). A celulose, a hemicelulose e a lignina são os três principais componentes que formam a estrutura rígida da parede celular.
- b) A seção transversal e as vistas longitudinais das estruturas microscópicas da parede celular revelam regiões cristalinas e amorfas das microfibrilas, envoltas pela matriz de Hemicelulose e Lignina.

A casca externa proporciona proteção mecânica para parte interna além de limitar a perda de água por evaporação (WIEDERNHOEFT, MILLER, 2005).

O floema ou líber corresponde à parte viva da casca responsável pelo transporte de substâncias nutritivas. Juntamente com o xilema forma o sistema vascular das plantas. No xilema, ou lenho, a água passa em direção ascendente no corpo da planta, e no floema, o alimento produzido nas folhas e em outras partes fotossintetizantes da planta é transportado para corpo da planta (CORADIN, CAMARGOS, 2002; EVERT, EICHHORN, 2014). Do floema da espécie *Quercus suber* se extrai a cortiça (GONZAGA, 2006).

O câmbio apresenta-se como uma película de espessura microscópica responsável pelo crescimento diametral do tronco, o crescimento secundário, gerando um anel exterior para o floema e um interior para o xilema. No câmbio os açúcares são transformados em lignina e celulose (CORADIN, CAMARGOS, 2002; EVERT, EICHHORN, 2014).

As células vivas e substâncias de reserva localizam-se no alburno, região de colocação clara e suscetível a ataques de pragas. Com o envelhecimento as células mais internas do alburno se transformam em cerne (CORADIN, CAMARGOS, 2002).

O cerne caracteriza-se como estrutura não condutora de substâncias nutritivas, apresenta-se com tecido mais compactado e baixo teor de nutrientes. A coloração escura é bem diferenciada do alburno e a durabilidade natural também é superior. Tem função exclusiva de sustentação do vegetal (BURGER, RICHTER, 1991).

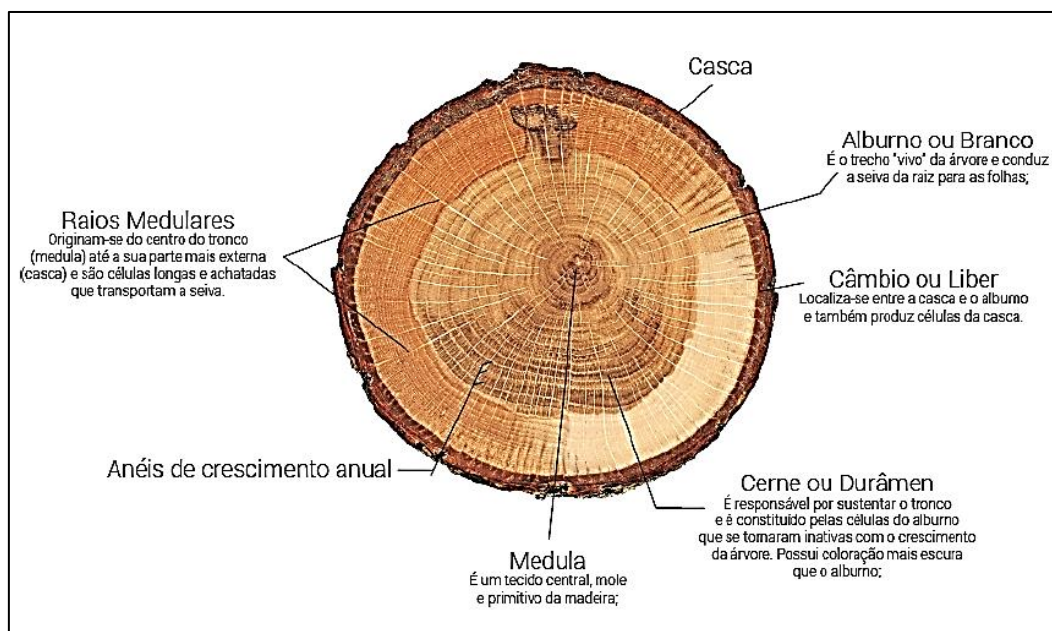
Os raios medulares ligam as diferentes camadas e têm a função de transportar e armazenar a seiva. São formados por tecidos parenquimáticos e pelo seu efeito de amarração transversal, inibem em parte a retratibilidade devida a variações de

umidade. Os raios constituem até 10% da madeira das coníferas. Durante o processo de secagem, podem favorecer o aparecimento de fendas (BURGER, RICHTER, 1991).

Bem no centro do tronco encontra-se a medula, estrutura que se origina do crescimento primário do tronco, antes mesmo da madeira ser formada. É suscetível a ataques biológicos (CHEN, 2020).

A anatomia do tronco visualizada na seção transversal está representada abaixo (FIG. 191).

Figura 191 - Seção transversal de um tronco



Fonte: PFEIL, W; PFEIL M., 2003.

As árvores apresentam dois tipos de crescimento: i) no sentido vertical do tronco (altura), chamado de crescimento primário; ii) no sentido do diâmetro, chamado de crescimento secundário. "As plantas foram capazes de adquirir uma grande estatura graças a capacidade de suas raízes e caules crescerem em espessura, ou seja, apresentarem crescimento secundário" (EVERT, EICHHORN, 2014, p. 1152).

Na primavera forma-se o lenho inicial com células com menor densidade, paredes finas, diâmetro radial grande com tonalidade clara. O lenho tardio forma-se no fim do verão ou outono, apresenta-se com pequeno diâmetro radial e coloração escura (FIG. 192). Assim os anéis de crescimento são marcados e podem dar uma noção da idade da árvore. Esta alternância é perceptível, principalmente, em árvores de clima temperado, com destaque para algumas espécies de gimnospermas (CORADIN, CAMARGOS, 2002).

A diferença de densidade entre o lenho inicial e tardio pode causar problemas na colagem de madeiras, na laminação e montagem das chapas de compensado, por exemplo. A penetração do adesivo pode ficar comprometida, ocorrendo uma linha de cola muito espessa ou insuficiente (IWAKIRI, 2005).

Figura 192 - Anéis de crescimento



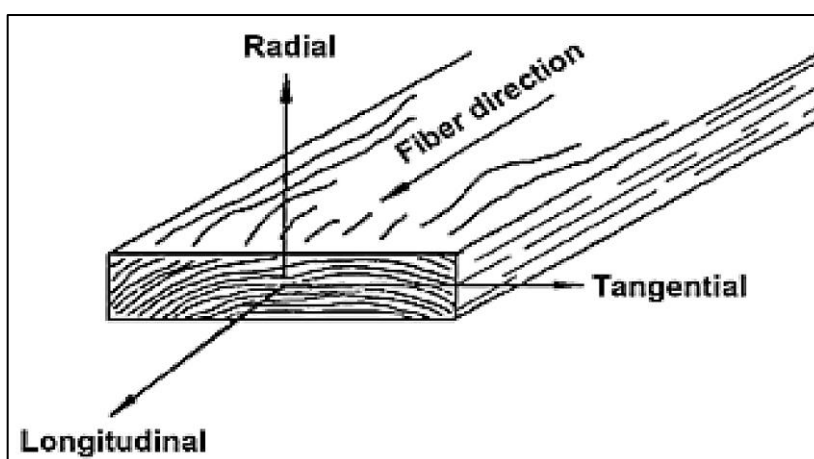
Fonte: Olivapédia (2020)<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup>Disponível em: <<https://olivapedia.com/wp-content/uploads/2020/12/Leitura-dos-aneis-de-um-tronco3.jpg>>. Acesso em: 17 abr 2021.

O corte do tronco nos sentidos longitudinal, radial e tangencial, produz distintos desenhos nas peças de madeira pela forma em que as fibras e demais estruturas internas se apresentam em cada seção (FIG. 193). As propriedades da madeira são diferenciadas em cada um destes três sentidos, caracterizando-a como um material anisotrópico (IWAKIRI, 2005; STOKKE *et al*, 2014), ou ortotrópico – os três planos/sentidos são perpendiculares entre si (HARTE, 2009; NBR 7190, 1997, KRESTSCHMANN, 2010). A madeira pode ser considerada duplamente anisotrópica, pois sofre alterações diferenciadas tanto nas propriedades físicas quanto nas mecânicas, proveniente da umidade e dos esforços a que é submetida (GONZAGA, 2006).

Figura 193 - Três eixos principais da madeira

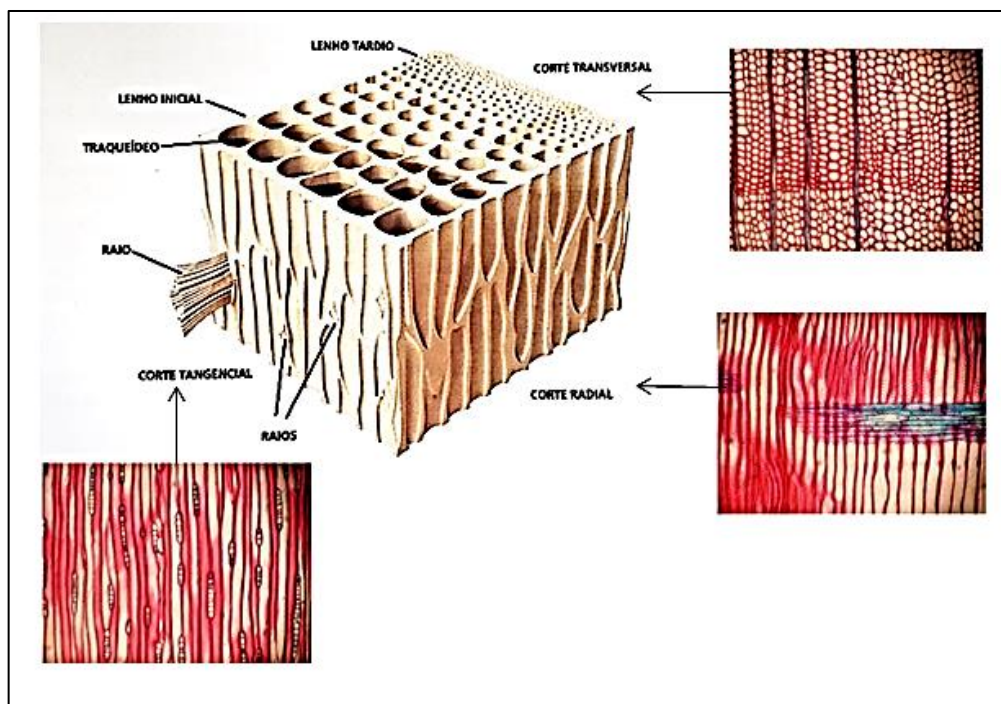


Fonte: Krestschmann (2010)

As espécies de coníferas (Gimnospermas) e as folhosas (Angiospermas Dicotiledôneas) possuem diferenças anatômicas microscópicas. As coníferas apresentam traqueídes fibrosos que representam 90% da constituição do xilema das coníferas. São células alongadas de 2 a 6 mm de comprimento e desempenham a função de conduzir a seiva ascendente e garantir a estruturação do tronco. Podem ser observados com uma lente de aumento de dez vezes. Os raios medulares, também característicos específicos desta espécie, transportam a seiva elaborada até o cerne. Apresentam-se de forma alongada e achatada e percorrem o caminho do floema até o cerne. Os cortes esquemáticos apresentando os sentidos tangencial, radial e

transversal (FIG. 194) permitem visualização da configuração distinta em cada seção (CORADIN; CAMARGOS, 2002; Gonzaga, 2006).

Figura 194 - Imagem esquemática da anatomia de uma Conífera

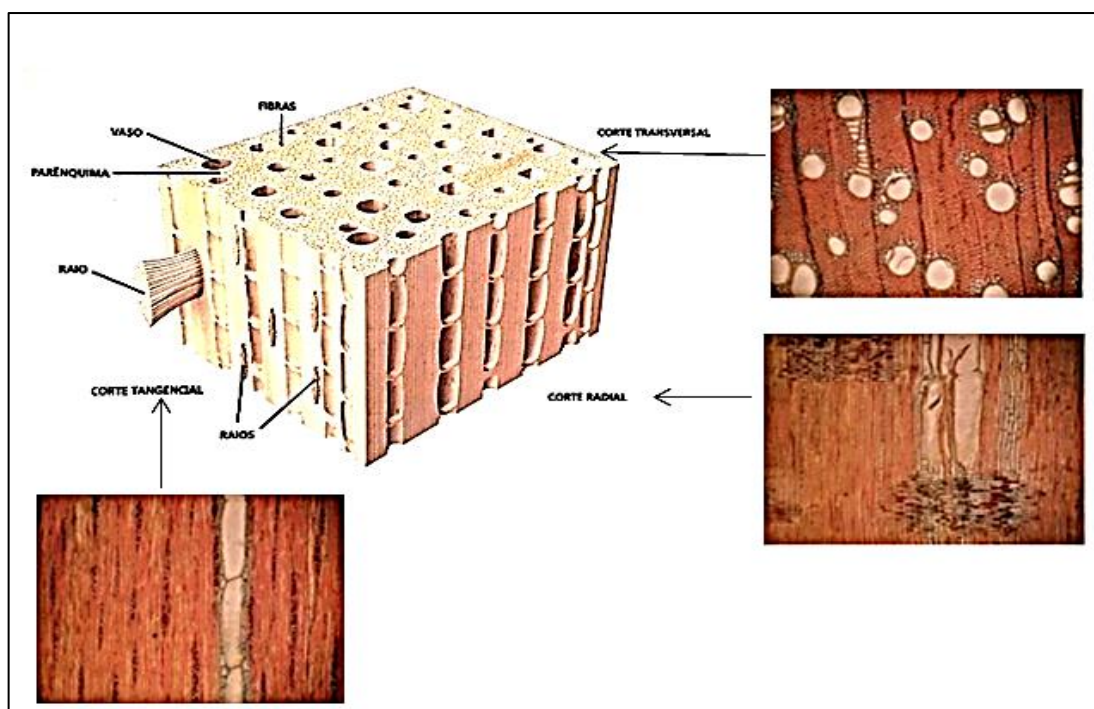


Fonte: Adaptado de Gonzaga, 2006; e Nisgosky , 2016.

As folhosas apresentam maior especialização nos tecidos celulares sendo compostos por vasos, fibras e raios. Os vasos são células alongadas e constituem de 20 a 50% das estruturas das folhosas. A função principal é armazenar e conduzir seiva. No corte transversal apresentam-se como pequenos orifícios denominados poros. As fibras estão distribuídas no sentido paralelo ao tronco, formadas por células alongadas com paredes espessas, fator que determina a densidade e a alteração volumétrica na madeira. Constituem a maior parte do lenho, sendo importantes para a sustentação e resistência mecânica. Possuem vazios internos denominados lúmen. Os raios são constituídos por tecidos parenquimáticos com função principal de armazenar, transformar, conduzir a seiva elaborada no sentido transversal (CHIMELO; ANGYALOSSY, 1983; WIEDENHOEFT, MILLER, 2005). As resinas e os óleos são também transportados pelos raios e depositados em dois anéis de crescimento mais

profundos (um de lenho inicial e outro tardio), transformando-os em anéis de cerne. Os raios podem ser visualizados com lupa de pelos menos ampliação de 10 vezes (GONZAGA, 2006). A configuração visual dos tecidos celulares das folhosas conforme os cortes radial, tangencial e transversal está representada abaixo (FIG.195).

Figura 195 - Imagem esquemática da anatomia de uma Folhosa



Fonte: Adaptado de Gonzaga, 2006; e Nisgosky 2016.

### C.3 Composição química

A madeira é formada basicamente por água proveniente do solo e gás carbônico proveniente do ar. Os elementos principais são, portanto, Carbono, Hidrogênio e Oxigênio. O Nitrogênio aparece em pequena quantidade, seguido do Cálcio, Potássio e Magnésio, estes três últimos em quantidades mínimas. A presença destes elementos é comum nas diversas espécies de coníferas e folhosas. O Quadro 26 apresenta a porcentagem destes elementos em relação ao peso seco da madeira (GONZAGA, 2006; KLOCK, ANDRADE, 2013).

Quadro 25 - Percentagem Elemento Químico X Madeira Seca

Elemento Químico	Percentagem %
Carbono	49 - 50
Hidrogênio	6
Oxigênio	44 - 45
Nitrogênio	0,1 - 1

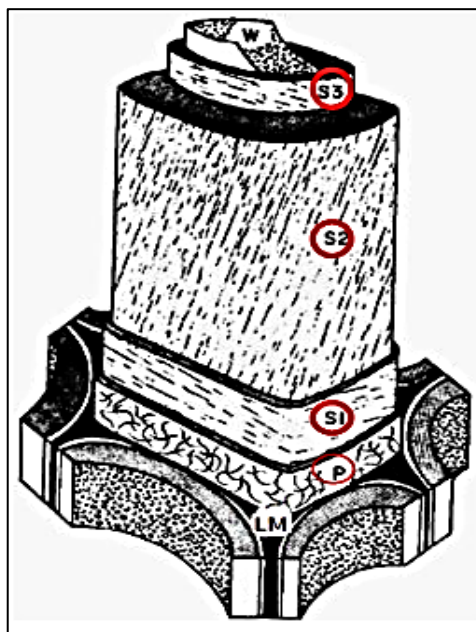
Fonte: Klock, Andrade, 2013.

A composição da parede celular reflete a resposta da madeira às condições ambientais, mecânicas e de degradação ao longo de sua vida. Os principais componentes são a Celulose, Hemicelulose (Poliose) e Lignina. Em menor quantidade estão os Extrativos e as Cinzas, que são compostos minerais (FOELKEL, 2020; KLOCK, ANDRADE, 2013).

A Celulose é um componente estrutural das paredes celulares, considerada o mais abundante polímero natural da natureza. É produzida pelas plantas clorofiladas através do processo fisiológico denominado Fotossíntese. Agrega-se às microfibrilas (dimensão 3-5 nm.) e interage com a Hemicelulose e a Lignina para formar uma macrofibrila (dimensão 25-30 nm.). A orientação das macrofibrilas varia dentro das quatro camadas distintas, que estruturam a parede celular, chamadas de Primária, S1, S2 e S3 (FIG. 196) e apresentam-se com diferentes espessuras e composição química. O comportamento anisotrópico, o desempenho mecânico e as propriedades de retratibilidade da madeira são altamente dependentes da orientação microfibrilar na camada S2 (FOELKEL, 2020; TOUMPANKI, *et al*, 2020).



Figura 196 - Desenho esquemático da estrutura celular de uma conífera



Fonte: Adaptado de Klock, 2013.

P: parede primária  
 S1: camada 1 da parede secundária  
 S2: camada 2 da parede secundária  
 S3: camada 3 da parede secundária

A Celulose é considerada um componente estrutural das paredes celulares, enquanto a Hemicelulose e Lignina podem ser consideradas componentes subestruturais (KLOCK, 2013).

As Hemicelulose ou Polioses são polissacarídeos encontrados na madeira em menor grau de polimerização comparados à Celulose. Atuam intensamente na formação de pontes de ligação entre as fibras (*fiberbonding*), sendo úteis para melhoria das propriedades mecânicas das polpas (TOUMPANKI, *et al*, 2020).

As Polioses são responsáveis por diversas propriedades importantes das pastas celulósicas. Devido à ausência de cristalinidade, sua baixa massa molecular e sua configuração irregular e ramificada, as polioses absorvem água facilmente. Este fato contribui para: o intumescimento, a mobilidade interna e o aumento de flexibilidade das fibras, a redução do tempo e da energia requeridos no refino de pastas celulósicas, e o aumento da área específica ou de ligação das fibras (Klock, 2013, p. 67).

A Lignina confere rigidez à parede celular servindo como uma cola que mantém as células individuais juntas. É o terceiro maior polímero orgânico estrutural dos materiais lignocelulósicos. Ao contrário da celulose e hemiceluloses à base de carboidratos, a lignina é uma molécula amorfa contendo estruturas aromáticas em combinação com cadeias alifáticas (ROWEL, 2005). Devido às estruturas aromáticas e ao alto grau de reticulação da sua molécula, a lignina tem característica hidrofóbica. Pode ser utilizada como um adesivo natural, amolecendo em temperaturas elevadas, comportando-se de maneira muito semelhante a um material plástico (STOKKE *et al*, 2014). Estas características são aproveitadas na fabricação de materiais compósitos.

Lignin is often described as an amorphous, aromatic, and thermoplastic natural polymer. It is amorphous (without definite form) owing from the mind-boggling number of possible structures. It is aromatic due to the presence of resonance-stabilized, benzene-ring structures, that is, the phenyl substituents. Because of the aromatic structures and the high degree of crosslinking within a lignin molecule, lignin is hydrophobic. The hydrophobic (water-repelling) characteristic of lignin contrasts sharply with the hydrophilic or hygroscopic (water-attracting) nature of the carbohydrate-based fraction of the cell wall, particularly the hemicelluloses. Although lignin serves as a natural adhesive and stiffening agent in cell walls, it softens at elevated temperatures, behaving much like a plastic material. This characteristic may be used to advantage in the manufacture of composite materials (SOTKKE *et al.*, 2014, p. 32)<sup>56</sup>.

Os extrativos são terpenos e terpenóides, compostos alifáticos, graxas, ceras e compostos fenólicos. Influenciam nas seguintes características da madeira: cor, cheiro, resistência a agentes deterioradores, permeabilidade, higroscopicidade e estabilidade dimensional. Os ácidos resínicos localizam-se nos canais resiníferos

---

<sup>56</sup> A lignina é frequentemente descrita como um polímero natural amorfo, aromático e termoplástico. Isto é amorfo (sem forma definida) devido ao número de estruturas possíveis. É aromático devido à presença de estruturas de anel de benzeno. A lignina é hidrofóbica por causa das estruturas aromáticas e do alto grau de reticulação dentro da molécula. A característica hidrofóbica (repelente de água) da lignina contrasta fortemente com a natureza hidrofílica ou higroscópica (atração de água) da fração à base de carboidratos da parede celular, particularmente as hemiceluloses. Embora a lignina atue como um adesivo natural e agente de endurecimento nas paredes das células, amolece a temperaturas elevadas, comportando-se muito como um material plástico. Esta característica pode ser usada com vantagem na fabricação de materiais compósitos. Tradução nossa.

(cerne), as ceras e graxas são encontradas nos raios do parênquima e os extrativos fenólicos no cerne e casca (IWAKIRI, 2005; KLOCK, ANDRADE, 2013).

O Quadro 27 apresenta a proporção dos elementos principais presentes nas espécies coníferas e folhosas.

Quadro 26 - Composição Média de Madeiras de Coníferas e Folhosas

Constituinte	Coníferas	Folhosas
Celulose	42 ± 2%	45 ± 2%
Hemicelulose	27 ± 2%	30 ± 5%
Lignina	28 ± 2%	20 ± 4%
Extrativos	5 ± 3%	3 ± 2%

Fonte: KLOCK, 2013.

#### C.4 Principais características físicas

As propriedades físicas da madeira são determinadas, principalmente, pelas características particulares de cada espécie, como a anatomia do tecido lenhoso e variação da composição química, e ainda, pelas condições ambientais como o clima e solo da região. A umidade, a retratibilidade, a densidade, a resistência ao fogo, a durabilidade natural e a resistência química são as principais características físicas (CRUZ, 2012; HARTE, 2009). Os procedimentos experimentais para avaliação das características da madeira como material estrutural e as referências normativas adequadas são apresentados na Norma Brasileira para Projeto de Estruturas de Madeira (NBR) 7190/97.

##### C.4.1 Umidade

Sabe-se, que mesmo depois de cortada, trabalhada e utilizada em construções, a madeira interage com as condições ambientais e seu teor de umidade pode ser alterado, provocando retrações ou inchamentos. Esta relação de madeira com o meio ambiente representa um desafio para o seu uso como material de engenharia e matéria prima para painéis (GLASS, ZELINKA, 2010; WIEDENHOEFT, 2010).

Em madeiras verdes ou recém cortadas o índice de umidade varia conforme as espécies e as estações do ano. Estima-se um limite de 30% para madeiras mais resistentes e até 130% para as mais macias (PFEIL, PFEIL, 2003).

A presença de água no interior da madeira é descrito em duas formas distintas: i) como água livre contida nas cavidades das células (lumens); ii) como água impregnada nas paredes das células (GLASS; ZELINKA, 2010; PFEIL, PFEIL, 2003).

O teor de umidade correspondente ao mínimo de água livre e ao máximo de água de impregnação é denominado de ponto de saturação das fibras (PSF). Para as madeiras brasileiras esta umidade encontra-se em torno de 25%. A perda de água na madeira até o ponto de saturação das fibras se dá sem a ocorrência de problemas para a estrutura da madeira. A partir deste ponto a perda de umidade é acompanhada pela retração (redução das dimensões) e aumento da resistência, por isso a secagem deve ser executada com cuidado para se evitarem problemas na madeira (SZUCS *et al*, 2015, p. 29).

Segundo a NBR 7190/1997 a umidade é determinada pela relação entre a massa da água nela contida e a massa da madeira seca. Este índice pode ser calculado pela equação 1:

$$U(\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

Onde:  $m_i$  é a massa inicial da madeira e  $m_s$  é a massa de madeira seca. Ambas as grandezas são especificadas em gramas. Os corpos de prova para os ensaios experimentais de teor de umidade devem ser retirados da seção transversal da peça, medindo de 2 cm x 3 cm x 5 cm (esta última medida segue o sentido das fibras). As ferramentas para extração das amostras devem estar “afiadas para se evitar a chamada queima de suas faces, que pode provocar uma perda de água imediata, prejudicial à determinação da real umidade da amostra” (NBR 7190, 1997, p. 48).

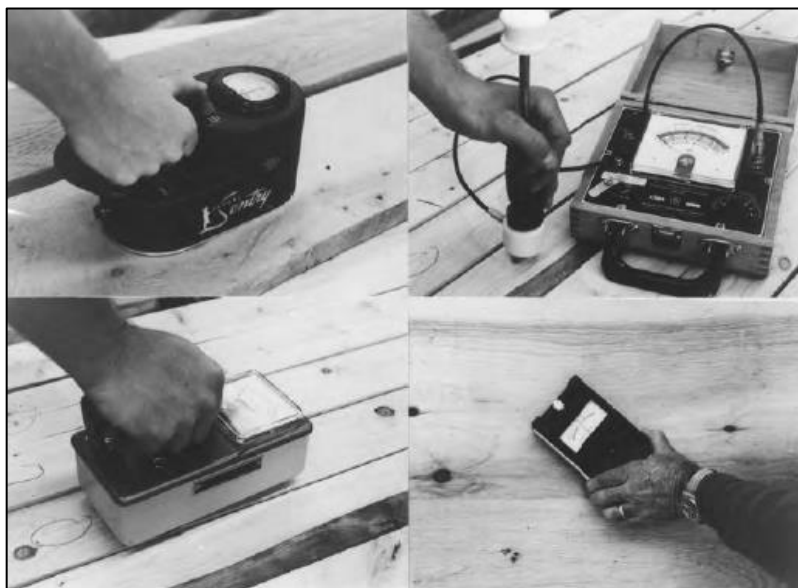
Sobre os métodos de medição de teor de umidade Moreschi (2014) destaca:

- Método por pesagem: método seguro, porém demorado e trabalhoso, onde a madeira é pesada antes e depois seca em estufa. Necessita de balanças de precisão e eficiência de técnicos operadores.

- Método por destilação: método indicado para madeiras ricas em resinas e óleos essenciais. O processo emprega técnicas de destilação com equipamentos laboratoriais com uso de solventes mais densos do que a água. A efetiva realização demanda laboratório equipado com vidrarias específicas além de pessoal capacitado para trabalhos com solventes insalubres e inflamáveis.
- Método Químico por Titulação (Karl Fischer): utiliza o reagente Karl Fischer (composto por mistura de iodo, dióxido de enxofre e piridina em metanol) para ativar reações químicas que ocorrem na presença de água. Amostras de 0,5 g de cavacos de madeira são umedecidos com metanol durante 6 horas. Em seguida os cavacos são titulados com o líquido reagente Karl Fischer, adicionados gota-a-gota, até que a solução resultante se torne incolor. Com o volume de reagente gasto na titulação da amostra determina-se o teor de umidade da madeira com uma precisão de  $\pm 0,1\%$  de umidade. Para a eficácia deste método é necessário equipamentos específicos, pessoal capacitado e controle de umidade atmosférica em todo o processo.
- Aparelhos elétricos: equipamentos que são baseados no princípio da resistência que a madeira oferece à passagem de uma corrente elétrica contínua. Os equipamentos determinam teores de umidade na faixa entre 6% e 25%, com precisão de aproximadamente 1,5% U. Funcionam com baterias de fácil aquisição no mercado.

A medição por aparelhos (FIG. 197) é um recurso tecnológico eficiente tanto para a madeira quanto para os seus derivados. Os equipamentos podem ser acoplados a pirômetros, máquinas de raios X, entre outros, com a função de implementar informações para arquivos de dados, monitoramentos de linhas de produção, controle de processos de secagens por exemplo. Medidores de umidade utilizados simultaneamente aos processos de produção determinam quando o material alcançou a meta desejada de umidade (SHMULSKY, JONES, 2011).

Figura 197 - Aparelhos portáteis medidores de umidade



Fonte: Shmulsky, Jones, 2011.

A secagem da madeira favorece o transporte e o manuseio, pois reduz o peso, aumenta a resistência e estabilidade física. Em contrapartida, pode dificultar um pouco a trabalhabilidade das peças em decorrência do aumento de dureza e rigidez resultante da secagem. Com o decorrer do tempo, a falta de umidade causa perda dos extratos protetores, tornando a madeira mais vulnerável a ataques de cupins de madeira seca (GONZAGA, 2006; MORESCHI, 2014).

#### C.4.2 Retratibilidade

A madeira sofre alteração de volume e dimensões quando há aumento ou diminuição da sua umidade de equilíbrio. Quando o nível de água de impregnação é reduzido acontece a contração, esta alteração dimensional é conhecida como fenômeno de retratibilidade<sup>57</sup> (BAUER, 2008; HELLMEISTER, 1983; GLASS, ZELINKA, 2010).

---

<sup>57</sup> Encontramos os dois termos para definir o fenômeno de variação dimensional da madeira: retratilidade (empregado por Bauer, 2008), e retratibilidade (Hellmeister, 1983; Glass, Zelinka, 2010; Hellmeister, 1983; Moreschi, 2014).

Com a diminuição da umidade da madeira, além da perda de massa, tem-se também uma perda em volume, denominada de retratibilidade volumétrica parcial ou simplesmente retratibilidade volumétrica. O termo retratibilidade volumétrica total refere-se à perda total de água desde a amostra totalmente saturada até secagem completa em estufa a  $103a \pm 5$ . Sabe-se também que a variação em volume na madeira se processa praticamente para umidades inferiores a 28% aproximadamente, sendo a madeira praticamente estável, com pequenas variações volumétricas, para umidades acima deste valor. Este valor crítico para a umidade é denominado ponto de saturação das fibras (REZENDE, ESCOBEDO, 1988).

Segundo Bauer (2008), o caráter anisotrópico causa retrações distintas nas três seções principais da madeira: axial, radial, tangencial. Analisando a retratibilidade linear (referente aos 3 eixos) pode-se dizer, de forma geral, que a deformação no sentido axial é praticamente insignificante, a tangencial é o dobro da radial, e a retratibilidade volumétrica é a soma dos índices das três lineares (QUADRO 28).

Quadro 27 - Valores médios e Retrabilidade Volumétrica e Linear

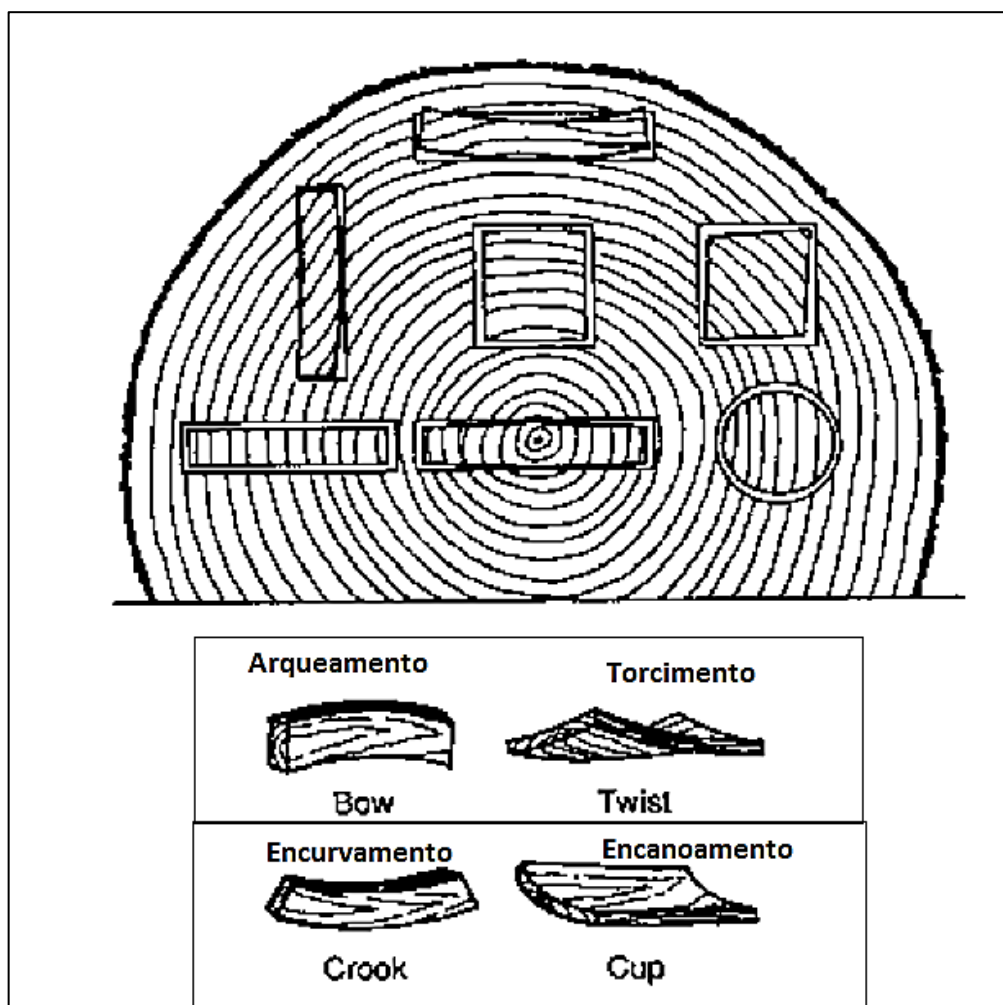
Retratibilidade	Verde a 0%	Verde a 15%
Linear tangencial	4 - 14	2 - 7
Linear radial	2 - 8	1 - 4
Linear axial	0,1 - 0,2	0,05 - 0,1
Volumétrica	7 - 21	3 - 10

Fonte: Bauer, 2008.

A retratibilidade linear segundo Bauer (2008) ocorre devido à diferença celular entre os anéis de crescimento que formam o lenho inicial e o tardio (FIG.198).

O lenho tardio que está constituído de paredes celulares espessas tem, relativamente, um movimento maior com as variações de umidade do que o lenho inicial, constituído de fibras de paredes muito finas. No sentido tangencial, os estratos do lenho tardio dominam a retratibilidade linear: atuam como feixes de molas em estiramento e arrastam todo o conjunto. Na direção radial as células dos dois estágios de crescimento alternam-se com tanta exatidão que o efeito fica atenuado. É preciso considerar, também, o efeito inibidor na retratibilidade radial dos raios medulares: feixes de células muito numerosos em certas espécies como o carvalho e o cedro, que se desenvolvem, com efeito de amarração no sentido radial do lenho. (BAUER, 2008, p.459).

Figura 198 - Deformações devido à direção dos anéis de crescimento e defeitos de secagem



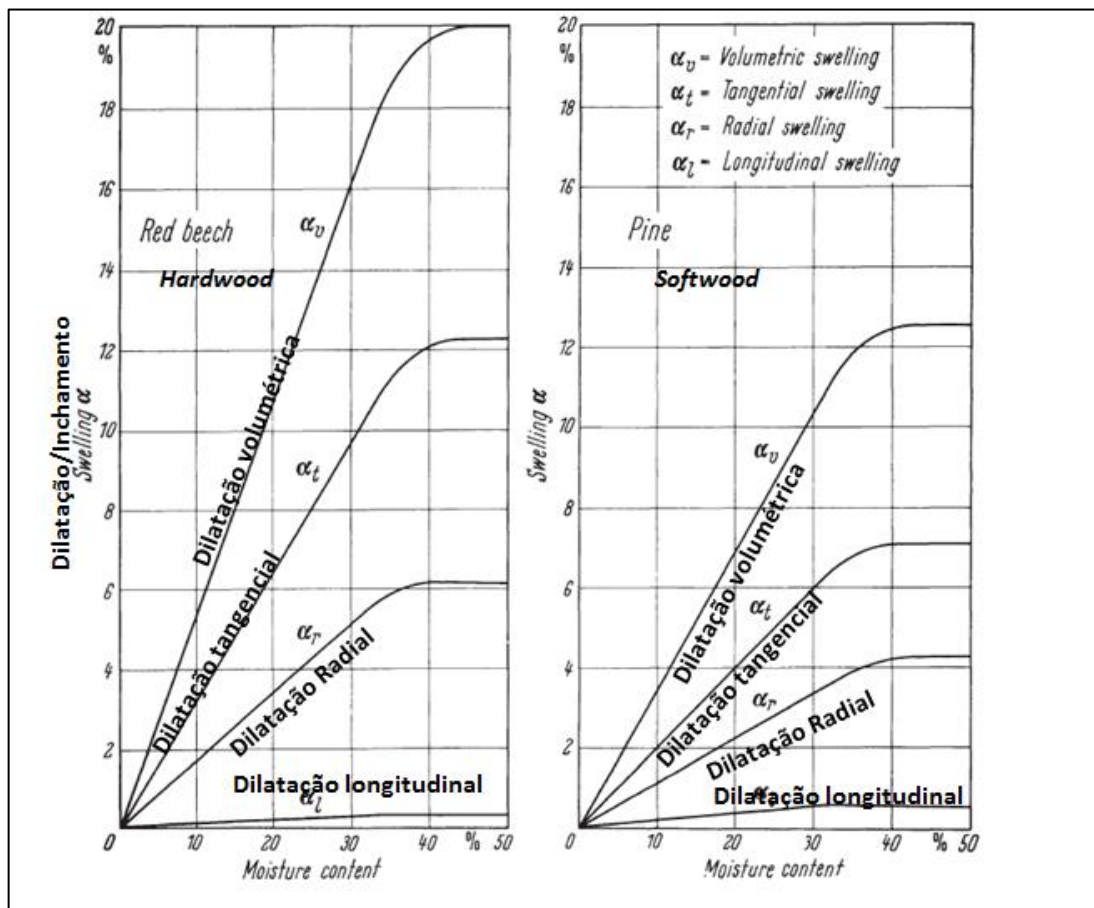
Fonte: Adaptado de Glass, Zelinka, 2010.

O efeito contrário à retração da madeira é a dilatação ou inchamento. Ocorre quando a umidade ultrapassa o ponto de saturação. O aumento de água faz com que as cadeias de celulose se afastem produzindo aumento de volume. Kollmann e Côté (1968) compararam os diferentes índices dilatação entre uma *softwood* (espécie *Pine*) e uma *hardwood* (espécie *Red Beach*), em ambas a retração no sentido tangencial é maior do que no axial e radial (FIG.199).

Para minimizar os efeitos de contração e dilatação Bauer (2008) indica uso de madeiras com teor de umidade compatível com o ambiente de sua instalação, cortes (desdobros) adequados tratamentos com impermeabilizante com óleos e resinas.



Figura 199 - Curva de dilatação volumétrica e nas seções axial, radial e tangencial. Diferença entre uma *Hardwood* e *Softwood*



Fonte: Adaptado de Kollmann, Côtè, 1968.

#### C.4.3 Densidade

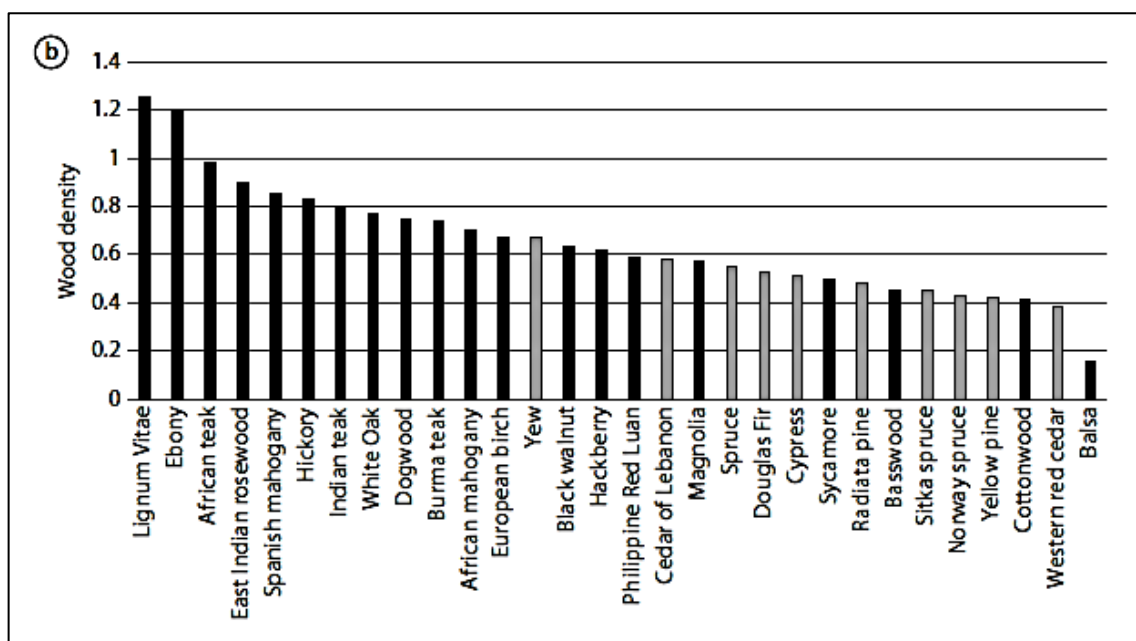
A densidade da madeira é determinada, principalmente, pela quantidade de substância de madeira, por unidade de volume e o teor de umidade. Quanto maior a proporção de substância de madeira, maior será a densidade e proporcionalmente suas propriedades mecânicas (HARTE, 2009). A densidade indica o grau de dureza de cada espécie (GRANG *et al*, 2018; SZUCS *et al*, 2015). Quanto maior a densidade maior será a contração e inchamento volumétrico (KOLLMANN, CÔTÈ, 1968).

A densidade é o indicador individual mais importante da resistência da madeira e pode ser usada para prever características tais como dureza, resistência a aceitar pregos e facilidade do uso de maquinário.

As madeiras densas geralmente se contraem e empenam mais que as madeiras leves. As madeiras mais densas oferecem, porém, melhor combustível. A massa específica de uma substância é a razão entre a massa da substância e a massa de igual volume de água. Para o cálculo da massa específica da madeira é usada a massa da madeira seca em estufa (EVERT, EICHHORN, 2014, p.1186).

As características estruturais de cada espécie determinam sua densidade. O gráfico apresentado abaixo (FIG. 200) discrimina a densidade de várias espécies de árvores, entre *hardwoods* e *softwoods*. A Balsa, classificada como *hardwood*, apresenta a menor densidade.

Figura 200 - Densidade de diferentes espécies de *Hardwood* e *Softwoods*



Fonte: Grang *et al*, 2018.

As barras pretas representam a densidade de algumas dicotiledôneas (*hardwoods*), em cinza estão as gimnospermas (*softwoods*). Percebe-se que nem todas as espécies de *hardwoods* apresentam alta densidade.

A NBR 7190 (1997) indica dois tipos de densidade para avaliação das peças de madeira:

- **Densidade básica** ( $\rho_{bas}$ ) é a massa específica convencional obtida pela razão entre a massa seca pelo volume saturado, conforme a fórmula:

$$\rho_{bas} = m_s / V_{sat} \quad (2)$$

Onde:  $m_s$  representa a massa seca da madeira, em quilogramas e  $V_{sat}$  o volume da madeira saturada, em metros cúbicos. Os procedimentos para secagem devem seguir os protocolos indicados na NBR 7190 (1997).

- **Densidade aparente**  $\rho_{ap}$  é "uma massa específica convencional, definida pela razão entre a massa e o volume de corpos de prova com teor de umidade de 12%" (NBR 7190, 1997, p. 49), sendo expressa por:

$$\rho_{ap} = m_{12}/V_{12} \quad (3)$$

A umidade constante a 12% é padronizada,  $m_{12}$  indica a massa da madeira em quilogramas e  $V_{12}$  o volume.

Quanto maior a proporção de substância na madeira maior será sua densidade e propriedades mecânicas.

A massa específica aparente é um índice de compacidade da madeira: traduz a maior ou menor concentração de tecido lenhoso resistente por unidade de volume aparente. É fácil de entender, portanto, que todas as características de resistência mecânica do material sejam diretamente proporcionais à mesma. Conhecida a massa específica aparente de uma determinada espécie lenhosa, suas características mecânicas poderão ser avaliadas através de fórmulas empíricas de correlação (Bauer, 2008 p. 462).

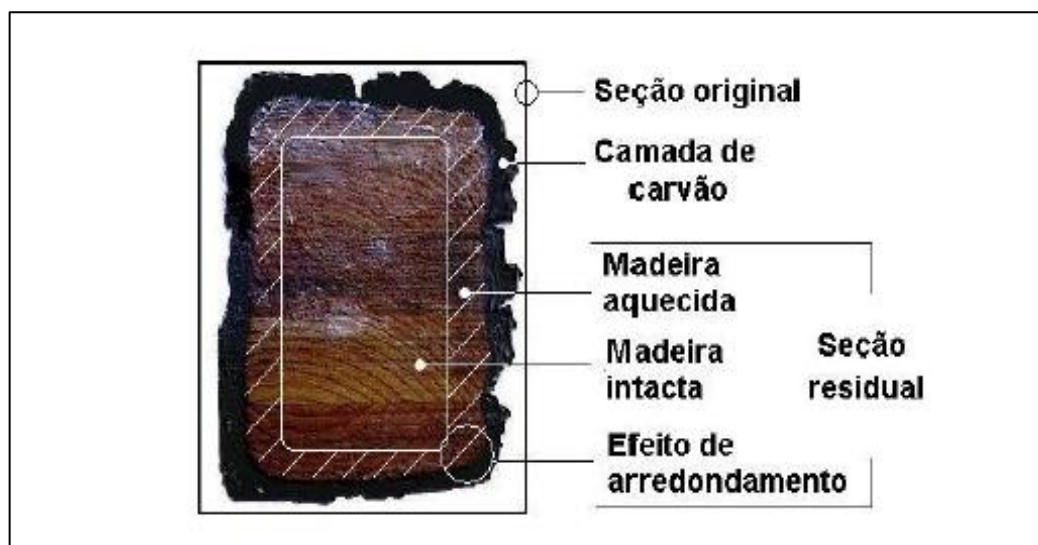
Os valores médios entre as *softwoods* e *hardwoods* variam entre 400 a 650 kg/m<sup>3</sup> e 500 a 1200 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente.

#### C.4.4 Resistência ao fogo

Outra propriedade física importante refere-se à resistência ao fogo. A madeira é considerada material combustível, porém, se dimensionada devidamente pode apresentar resistência considerável. As investigações sobre o comportamento da madeira em incêndios acompanham as pesquisas em Engenharia de Segurança contra Incêndios. Ao ser exposta a temperaturas altas (FIG.201) as partes externas vão se decompondo, formando uma camada isolante, que retarda o processo de propagação da temperatura para o interior da peça (CALIL, PINTO, 2004). As propriedades mecânicas sofrem alterações conforme o grau da temperatura, do tempo

de exposição, e da capacidade de carga determinada pela dimensão da seção transversal da peça (WHITE, DIETENBERGER, 2010). O calor ativa reações químicas endotérmicas e exotérmicas. Durante o processo de aquecimento, compostos orgânicos voláteis, como álcoois, resinas e terpenos, são produzidos e liberados (FIGUEIROA, MORAES, 2009).

Figura 201 - Carbonização de uma peça de madeira



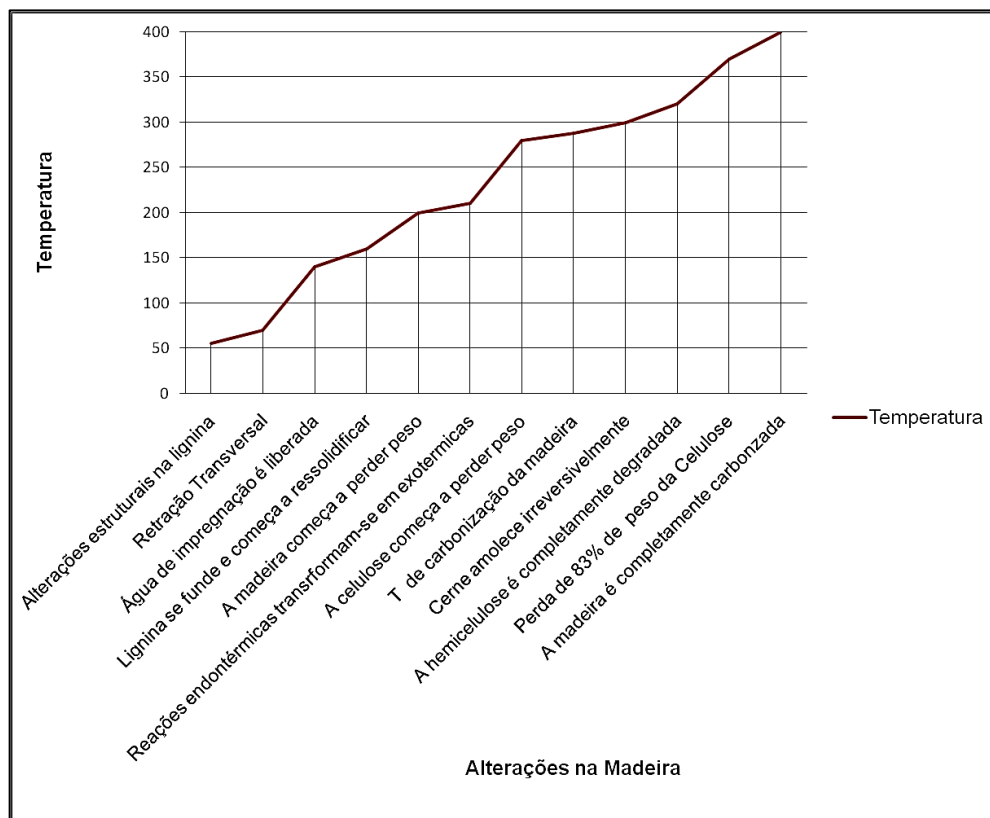
Fonte: Calil, Pinto, 2004.

A Figura apresenta uma viga em madeira laminada exposta por 30 minutos ao fogo nas quatro faces, taxa de carbonização 6 mm/min.

A lignina e a hemicelulose começam a sofrer alterações a partir de 55° C e, se não interrompido o processo de queima (FIG.202). A deterioração da madeira continua até que seja completamente carbonizada (SHAFFER, 1973<sup>58</sup>; *apud* FIGUEROA, MORAES, 2009).

<sup>58</sup> SCHAFFER, E. L. Effect of Pyrolytic Temperatures on the longitudinal Strength of Dry Douglas Fir. *Journal of testing and Evaluation*, v. 1, n.4, p. 319-329, 1973.

Figura 202 - Alterações da madeira seca em função do aumento de temperatura



Fonte: adaptado de Figueroa, Moraes, 2009.

### C.5 Principais características mecânicas

Os estudos sobre a resistência dos materiais investigam os esforços/cargas impostos aos diversos materiais e as deformações causadas.

A resistência dos materiais é um ramo da mecânica que estuda as relações entre cargas externas aplicadas a um corpo deformável e a intensidade das forças internas que atuam dentro do corpo. Esse assunto abrange também o cálculo de deformação do corpo e o estudo da sua estabilidade, quando ele está submetido a forças externas (HIBBELER, 2004, p.1).

A madeira apresenta duas propriedades mecânicas importantes, a elasticidade e a resistência. Ambas diferem conforme o sentido das fibras devido ao caráter anisotrópico/ortotrópico da madeira. Deformações que ocorrem lentamente após a

aplicação de carga são tratadas como propriedades reológicas. O termo *rheo* é derivado do grego e significa deformação, portanto a reologia da madeira refere-se ao estudo da fluidez da madeira (SHMULSKY, JONES, 2011).

Bauer (2008) apresenta as características de resistência mecânica em duas classes:

- A primeira classe define as características mecânicas principais: são as forças impostas ao eixo axial ou no sentido das fibras que provocam a compressão, tração, flexão, estática e flexão dinâmica.
- Segunda classe apresenta as características mecânicas secundárias: são as forças de compressão e tração normal às fibras, torção, cisalhamento e fendilhamento, exercidas transversalmente às fibras, relacionadas à coesão transversal.

Influenciam também nas propriedades mecânicas a capacidade de absorver água e os constituintes celulares - fibras, traqueídes, vasos, raios medulares e células parenquimáticas (BAUER, 2008; KRESTSCHMANN, 2010; SHMULSKY, JONES, 2011).

A NBR 7190 (1997) determina os testes para avaliação das estruturas de madeira para caracterização da sua rigidez seguindo as condições específicas de umidade a 12%, dimensionamento e seções de corpos de prova.

#### C.5.1 Elasticidade

A capacidade de um corpo sólido retornar à forma original após ser submetido à alguma carga define o conceito de elasticidade. As propriedades elásticas caracterizam o comportamento do material em relação às deformações plásticas e limites de tensão suportáveis. A elasticidade implica que as deformações produzidas por baixas pressões são recuperáveis após a remoção das cargas. Quando a carga aplicada ultrapassa esse limite ocorrem deformações plásticas irreversíveis, provocando rupturas no material. No caso da madeira, a influência da umidade higroscópica é bastante relevante (KOLLMANN, 1976; KRESTSCHMANN, 2010). Segundo a NBR 7190 (1997) a rigidez dos materiais é medida pelo módulo de elasticidade (E). A norma considera que o valor de E é o mesmo para as solicitações

de compressão e tração. O Quadro 29 apresenta as referências de módulos de elasticidade:

Quadro 28 - Módulos de elasticidade da madeira

Símbolos	Referências	Observações
$E_0$	Módulo de elasticidade - valor médio na compressão paralela às fibras	Determinado em laboratório com pelo menos dois ensaios.
$E_{90}$	Módulo de elasticidade na compressão normal às fibras.	Determinado em laboratório com pelo menos com dois ensaios ou pela fórmula: $E_{90} = 1/20 E_0$
$E_m$	Módulo de elasticidade na flexão	Determinado por ensaio de flexão admitindo-se para: coníferas: $E_M = 0,85 E_0$ dicotiledôneas: $E_M = 0,90 E_0$
$G$	Módulo de elasticidade transversal	$G = E_0/20$

Fonte: NBR 7190:1997.

De maneira geral, quanto maior o módulo de elasticidade, maior a resistência da madeira e menor a deformabilidade. Quanto mais baixo for o índice, piores serão as qualidades da madeira como material de construção. Na prática, avalia-se e classifica-se o módulo de elasticidade de madeiras para uso construção civil através de equipamentos eletrônicos especializados (MORESCHI, 2014).

### C.5.2 Propriedades de resistência

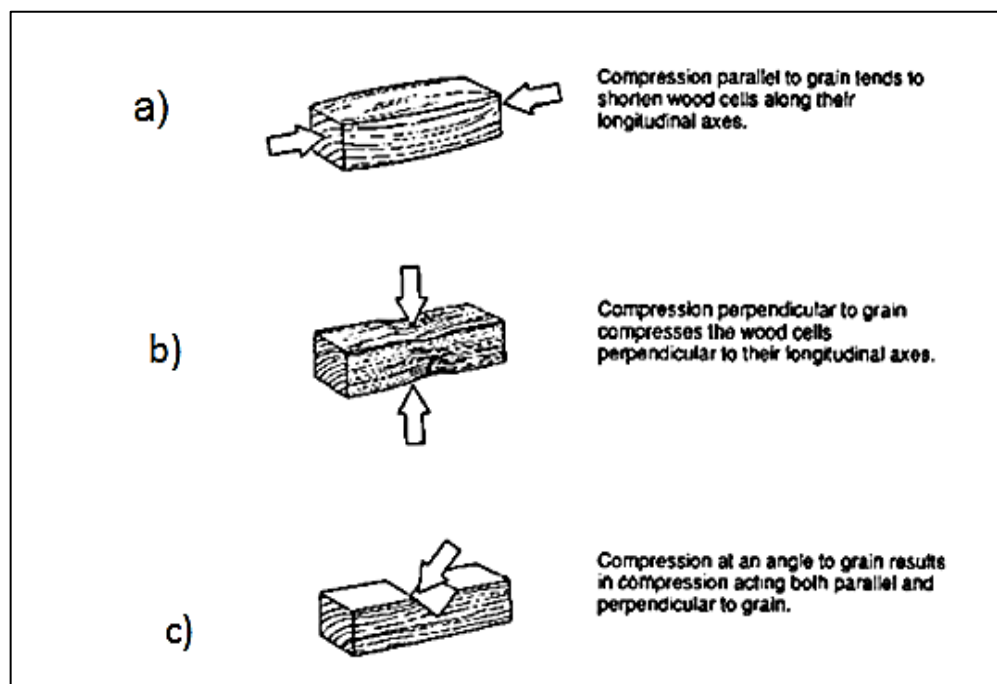
A resistência de um material é definida pela NBR 7190 (1997, p. 14) como a "aptidão da matéria suportar tensões". No caso da madeira esta capacidade é influenciada pela anisotropia, pela estrutura heterogênea e pela umidade. Na direção paralela à fibra a resistência é maior em função da densidade e do tecido fibroso existente, enquanto no sentido perpendicular (radial e tangencial) existem maiores espaços vazios diminuindo a resistência. (KOLLMANN, 1976; KRETSCHMANN, 2010).

Os esforços de compressão (FIG. 203) são descritos em três situações (CALIL *et al.*, 2003):

- **Compressão normal:** força exercida perpendicularmente ao eixo, onde as células apresentam baixa resistência, resulta em compactação das fibras.

- **Compressão paralela:** sentido onde a madeira oferece mais resistência à compressão.
- **Compressão inclinada:** a deformação acontece tanto paralelamente como perpendicularmente às fibras.

Figura 203 - Compressão da madeira



Fonte: Ritter, 1990.

- a) compressão normal/perpendicular
- b) compressão paralela
- c) compressão inclinada

Segundo Calil *et al.* (2003) a madeira apresenta duas resistências à tração (FIG. 204):

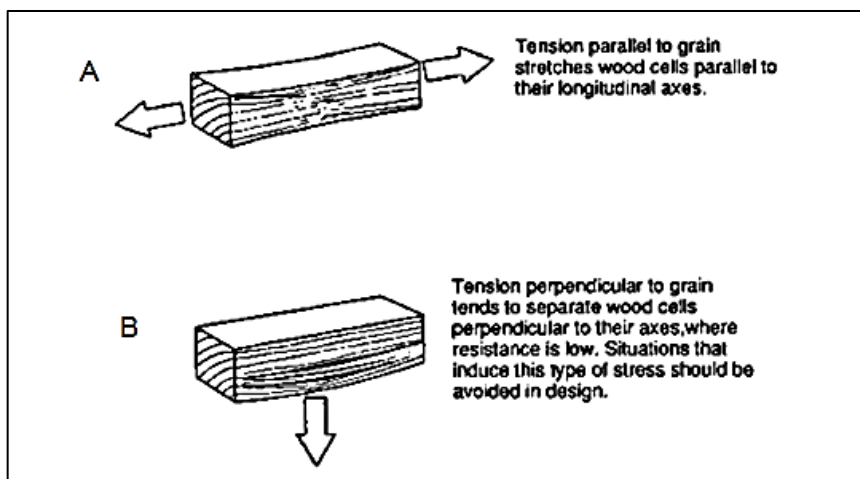
- **Tração paralela:** no sentido longitudinal às fibras. A madeira apresenta valores reduzidos de deformação devido à alta resistência proporcionada pelo posicionamento das fibras (FIG. 204 A).
- **Tração normal:** no sentido perpendicular às fibras. A tração recebida neste sentido tende a causar maiores deformações (FIG. 204 B).

Melo (2002) apresenta um gráfico de tensão X deformação no sentido paralelo às fibras (FIG. 203) demonstrando o ponto de tensão (limite de proporcionalidade). A



inclinação da curva indica que o limite de proporcionalidade da tração paralela às fibras é maior do que a elasticidade.

Figura 204 - Desenho esquemático tração paralela e normal

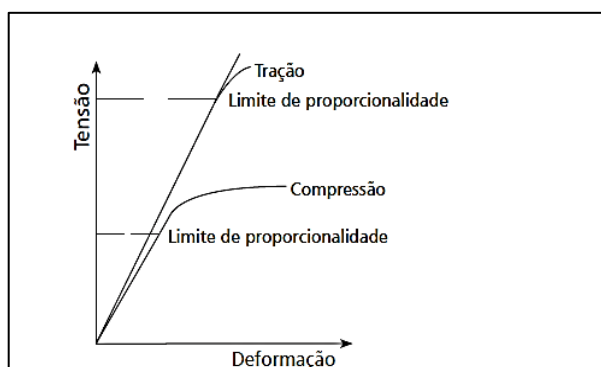


Fonte: Ritter, 1990.

- a) Tração paralela - alongamento das células paralelas ao eixo longitudinal.  
 b) tração normal/perpendicular - tende a separar as células da madeira perpendiculares aos seus eixos, onde a resistência é baixa. Situação a ser evitada.

Melo (2002) apresenta um gráfico de tensão X deformação no sentido paralelo às fibras (FIG. 205) demonstrando o ponto de tensão (limite de proporcionalidade). A inclinação da curva indica que o limite de proporcionalidade da tração paralela às fibras é maior do que a elasticidade.

Figura 205 - Gráfico esquemático da resistência à tração e compressão paralela às fibras



Fonte: Melo, 2002.

A resistência ao cisalhamento é a capacidade da madeira suportar a ação de cargas que tendem a produzir um deslocamento por deslizamento (FIG. 206). São descritos três tipos principais (CALIL *et al.*, 2003).

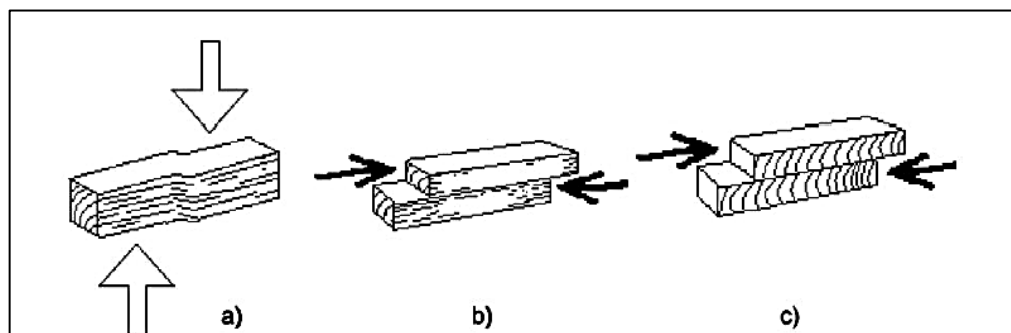
- **Cisalhamento perpendicular às fibras:** Provoca a deformação das células da madeira perpendicularmente ao eixo longitudinal, porém não é considerado uma deformação crítica, pois antes de romper por cisalhamento a peça já apresentará deformação devido a outro tipo de sollicitação (CALIL *et al.*, 2003).
- **Cisalhamento paralelo às fibras:** segundo NBR 7190 (1997, p. 59) “ a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira é dada pela máxima tensão de cisalhamento que pode atuar na seção crítica de um corpo prismático”. O cálculo através de ensaios com corpos de prova é determinado pela fórmula:

$$f_{v0} = F_{v0,máx} / A_{v0máx} \quad (4)$$

onde:  $f_{v0}$  é a resistência ao cisalhamento paralelo às fibras;  $F_{v0, máx}$  é a máxima força cisalhante aplicada ao corpo de prova (em newtons);  $A_{v0máx}$  é a área inicial da seção crítica do corpo de prova, em um plano paralelo à fibra, em metros quadrados.

- **Cisalhamento vertical:** resultante das forças aplicadas perpendicularmente aos anéis de crescimento, também denominado cisalhamento *rolling*, pois provoca que as células rolem umas sobre as outras (RITTER, 1990).

Figura 206 - Tipos de cisalhamentos na madeira



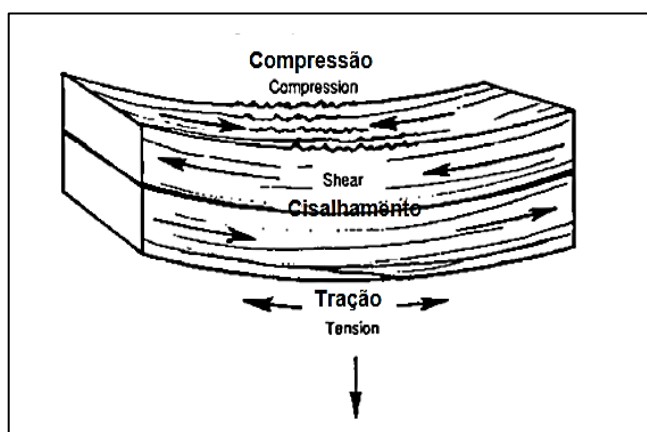
Fonte: Ritter, 1990.

- a) Cisalhamento vertical/perpendicular ao eixo longitudinal
- b) Cisalhamento horizontal
- c) Cisalhamento perpendicular (*rolling shear*)

Em relação ao comportamento da madeira quando solicitada à flexão simples temos: compressão paralela às fibras, tração paralela às fibras, cisalhamento horizontal (FIG. 207), e ainda, nas regiões de apoio, ocorre compressão normal/perpendicular às fibras (RITTER, 1990).

Os rompimentos por tração acontecem devido à formação de minúsculas falhas de compressão seguida por aparecimento de enrugamentos de compressão macroscópicos. Provocando, por consequência, rompimentos causados pelo aumento da área comprimida na seção com redução da área tracionada (RITTER, 1990; SZUCS, 2015).

Figura 207 - Flexão na madeira

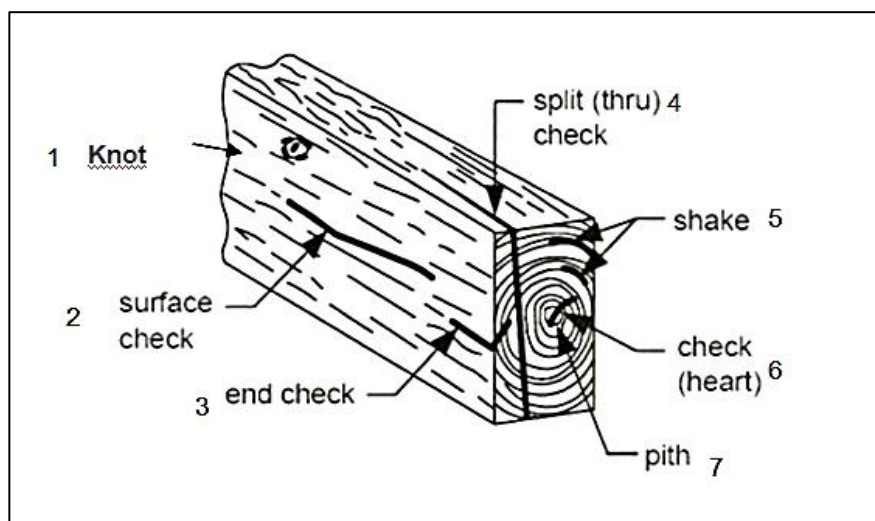


Fonte: Ritter, 1990.

## C.6 Fatores que afetam as propriedades físico-mecânicas da madeira

Problemas de ordem anatômica tais como fendas e nós (FIG. 208), de ordem ambiental relacionadas, principalmente, com a T e UR, agentes de contaminação biológica, como fungos, bactérias, insetos, (FIG. 209, 210, 211) e de uso (FIG. 212) podem alterar as propriedades madeira e, conseqüentemente, provocando patologias.

Figura 208 - Principais defeitos naturais



Fonte: Brashaw *et al*, 2012<sup>59</sup>; *apud* Brito, 2014.

1. Nó
2. Fenda superficial
3. Fenda de borda em extremidade
4. Fenda que atravessa a peça em espessura.
5. Fenda
6. Fenda no cerne
7. Medula

Figura 209 - Danos devido à infestação de cupins



Fonte: Souza *et al*. 2018.

---

<sup>59</sup> Brashaw *et al*. **Inspection Techniques to Assess Timber Bridges**. Minnesota: University of Minnesota Duluth e United States Department of Agriculture. Forest Service, Forest Products Laboratory, 2012.

Figura 210 - Madeira *Eucalyptus sp.* atacada por fungos de podridão mole



Fonte: Carvalho *et al.*, 2016

Figura 211 - Bolor em madeira de Cajueiro recém cortada



Fonte: *et al.*, 2018.

Figura 212 - Deformação devido ao uso



Fonte: Dubroff, 2009<sup>60</sup>. O local de uso constante para meditação ficou marcado.

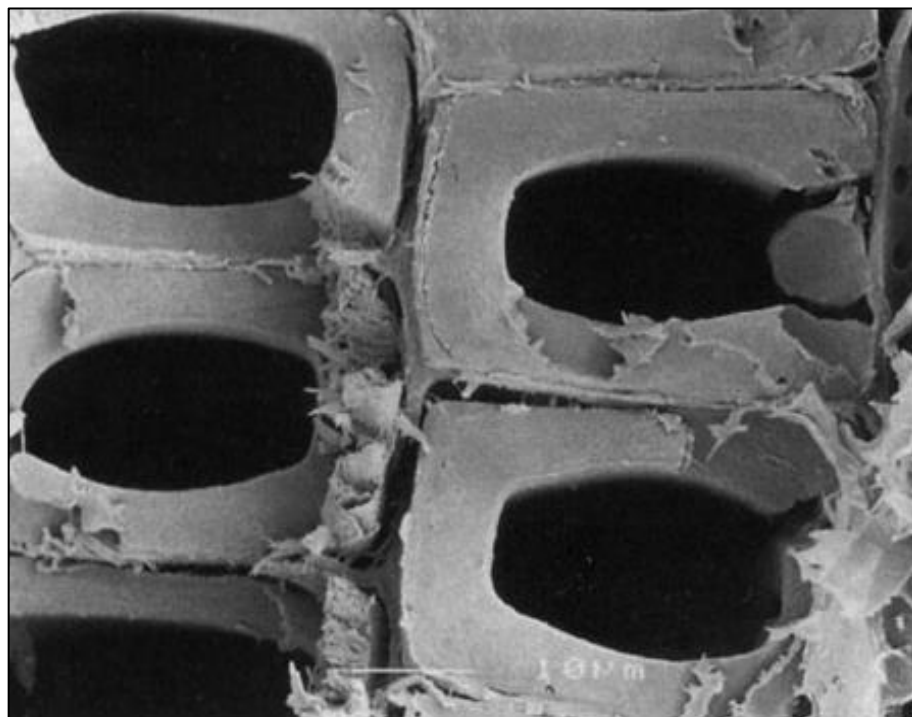
---

<sup>60</sup> Disponível em: <<https://www.weirdasianews.com/2009/04/28/footprints-wood-prayer-story-buddhist-monk/>>. Acesso em: 30 mai. 2020.

Dentre as alterações devido aos fatores ambientais e de utilização, Bucur (2011) destaca a delaminação como fator de deterioração tanto para objetos em madeira maciça quanto para os compósitos industriais derivados.

A delaminação pode ser causada pela interação entre vários danos, em níveis macro e microscópicos, como a quebra das estruturas fibrosas, microfissurações transversais, descolamento de camadas adjacentes da parede celular da madeira (FIG. 213). Pode ser consequência também de erros de processamento e fabricação dos diversos produtos de madeira, transporte, cargas excessivas impostas às peças e acidentes.

Figura 213 - Imagem microscópica apresentando delaminação nas camadas S1 e S2 , lenho tardio.



Fonte: Zimmermann, 1994<sup>61</sup>, apud Bucur, 2011.

---

<sup>61</sup> ZIMMERMANN T, SELL J, ECKSTEIN D. SEM studies on traction – fracture surfaces of spruce samples. **European Journal of Wood and Wood Products**. Berlin, v.52, p. 223-229, 1994.

O Quadro 30 sintetiza os principais fatores que determinam deteriorações na madeira

Os fenômenos de deformação da madeira fazem parte dos estudos de engenharia direcionados à Patologia das Estruturas, campo científico que estuda a manifestação e deterioração dos sistemas estruturais. O conteúdo é importante não só para a Engenharia e Arquitetura, mas também para a Conservação de Bens Culturais, visto a grande quantidade de obras executadas sobre madeira.

Quadro 29 - Fatores que alteram as propriedades da madeira.

Fatores	Descrição	Influência
Fatores de ordem anatômica	Densidade	Quanto maior a densidade maior a resistência
	Grã: direção longitudinal dos elementos anatômicos estruturais	Grã direita: menor variabilidade de resistência. Grã inclinada: altera o comportamento estrutural da madeira
	Nós: podem ser soltos ou firmes, em diferentes dimensões e localização na peça de madeira.	Devido ao fato de interromperem a continuidade e direção das fibras, os nós reduzem a resistência da madeira, podendo também causar problemas de tensão localizada.
	Falhas naturais: fendas, encurvamento do tronco, presença de alburno, medula e faixas de parênquima.	Alterações no alinhamento das fibras comprometem a resistência.
Fatores de ordem Ambiental	Intemperismo (Weathering)	A madeira empregada em áreas externas sofre com os raios solares. Os infravermelhos causam retrações pela perda de umidade e descoloramento. Os raios infravermelhos: retrações e perda de extrativos em profundidade, produzindo o colapso da estrutura. A chuva: altera o teor de umidade e colabora com a degradação com o ácido carbônico. Variação de T e UR: fendilhamento de superfícies, empenamentos, aprofundamento de fendas e colapso.
	Infestação biológica. Principalmente: fungos, xilófagos marinhos, bactérias e insetos	Comprometem as propriedades físicas e mecânicas da madeira.
	Combustão	A madeira é material combustível e precisa de medidas a proteção e retardamento de chamas.
	Secagem	Sistemas ineficientes de secagem causam deformações e alteram a resistência.
Fatores de Utilização	Processamentos mal executados	Causam perda de resistência e qualidade do material
	Influência do tempo	Carregamentos de longa duração causam deformações (fluência da madeira)

Fonte: Calil *et al.*,2003; Gonzaga, 2006; Melo, 2002.

## APÊNDICE D CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DOS PIDM

Sabe-se que a fabricação dos PIDM visa efetivar melhorias, principalmente, em relação às variações da madeira natural quanto às dimensões, anisotropia, defeitos naturais, (BERGLUND, ROWEL, 2005; IRLE, BARBU, 2010; IWAKIRI, 2005). A madeira maciça é limitada pelas dimensões das tábuas, pois é muito difícil obter peças com largura superior a 22,5 cm. Já os PIDM são fabricados entre 200 e 270 cm de comprimento e 1 e 1,80 m de largura. Os compósitos de madeira ainda podem ser beneficiados no processo de produção com melhorias tais como: baixa condutividade térmica resistência ao fogo, bio-resistência, e uma variedade de acabamentos decorativos na superfície (IRLE; BARBU, 2010)

Bauer (2008) destaca as seguintes melhorias geradas no processo de produção dos PIDM:

- a. Satisfatória homogeneidade de composição e razoável isotropia no comportamento físico e mecânico;
- b. possibilidades ampliadas de secagem e tratamentos efetivos de preservação e ignifugação, quando o material antes da aglomeração, está reduzido a lâminas finas ou pequenos fragmentos;
- c. Melhoria, em relação à madeira natural, de determinadas características físicas (retratilidade, massa específica) ou mecânicas (cisalhamento, fendilhamento etc.), por meio de alternativas nos processos de fabricação;
- d. Fabricação de chapas e blocos com dimensões adequadas à moderna tecnologia de pré-fabricação modulada;
- e. Finalmente, apresentam a grande vantagem econômica de representar um aproveitamento integral de todo material lenhoso contido nas árvores (BAUER, 2008, p. 518).

Para Stark *et al.* (2010) as propriedades naturais da madeira variam entre as diferentes espécies e até mesmo entre partes de uma mesma árvore. Já a produção dos materiais compósitos busca a uniformidade e controle de diversas propriedades, promovendo mais estabilidade. O controle de qualidade das indústrias inicia-se no viveiro de mudas que originam as florestas onde são extraídas as madeiras para a produção dos diversos tipos de painéis.



Irle; Barbu (2010) compararam a estabilidade de painéis industrializados com a espécie de madeira americana *Douglas fir*<sup>62</sup> (FIG. 214) e *Beech*<sup>63</sup>, em variação de UR de 30% e 90%. No caso dos painéis de partículas (*Particleboard*) o estudo apresenta variações distintas com o uso das resinas Ureia Formaldeído (UF), Fenol Formaldeído (FF) e a combinação de Melamina Formaldeído e Ureia Formaldeído (MF/UF), sendo que a variação de menores índices são com as resinas MF/UF.

Figura 214 - Estabilidade dimensional da madeira e painéis industrializados. Alteração dimensional em variação de UR de 30% a 90%.

	Direction to grain or board length		
	Parallel (%)	Perpendicular (%)	Thickness (%)
<b>Solid Timber</b>			
Douglas fir	negligible	2.0-2.4	2.0-2.4
Beech	negligible	2.6-5.2	2.6-5.2
<b>Plywood</b>			
Douglas fir	0.24	0.24	2.0
<b>Particleboard</b>			
UF bonded	0.33	0.33	4.7
PF bonded	0.25	0.25	3.9
MF/UF bonded	0.21	0.21	3.3
<b>Fibre-building board</b>			
Tempered	0.21	0.27	7-11
Standard	0.28	0.31	4-9
MDF	0.24	0.25	4-8

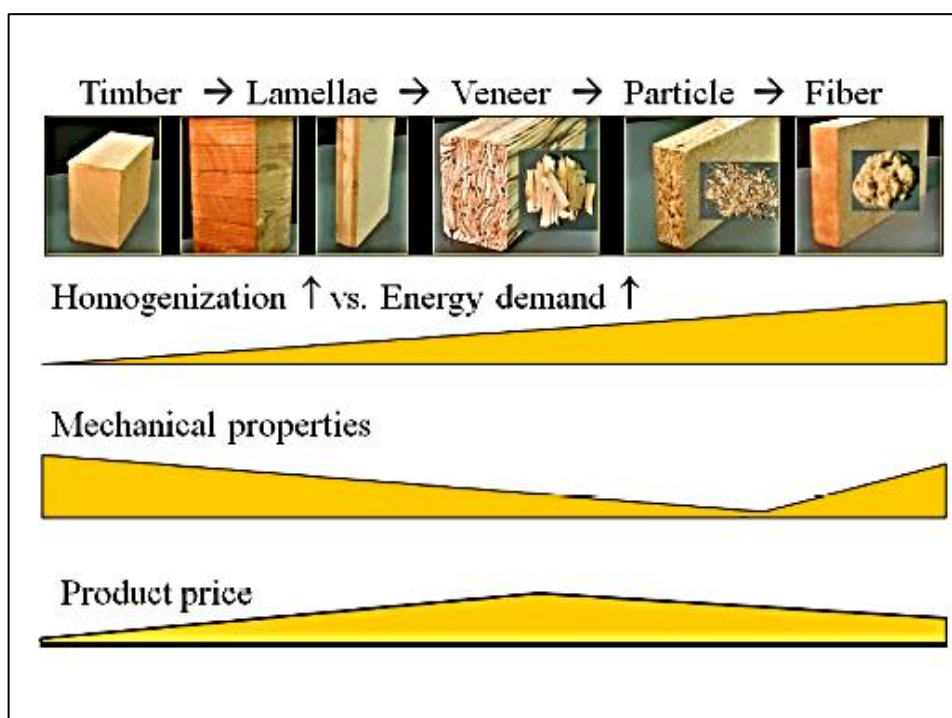
Fonte: Irle e Barbu, 2010.

Barbu *et al.* (2010) avaliam as características de homogeneidade, demanda de energia na produção, propriedades mecânicas e custo de produção dos diversos tipos de painéis com a madeira maciça. Em relação a homogeneidade e demanda energética percebe-se que quanto mais a madeira vai sendo transformada maiores essas características. Os painéis de partículas apresentam níveis de resistência mecânica menor e a produção de lâminas é a que possui custo mais alto (FIG. 215).

<sup>62</sup> Douglas fir é uma espécie de conífera nativa da América do Norte, muito empregada para execução de barcos e na construção civil. Fonte: [britannica.com/plnt/Douglas-fir](http://britannica.com/plnt/Douglas-fir). Acesso em 2 mar. 2019.

<sup>63</sup> Beech, em português corresponde a árvore Faia, uma angiosperma, da família das Fagáceas, como o Carvalho e a Castanheira, Espécie encontrada na Europa e América do Norte. Fonte: [naturlink.pt/article.aspx?menuid=55&cid=3689&bl=18&viewall=true](http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=55&cid=3689&bl=18&viewall=true). Acesso em 2 mar.2019.

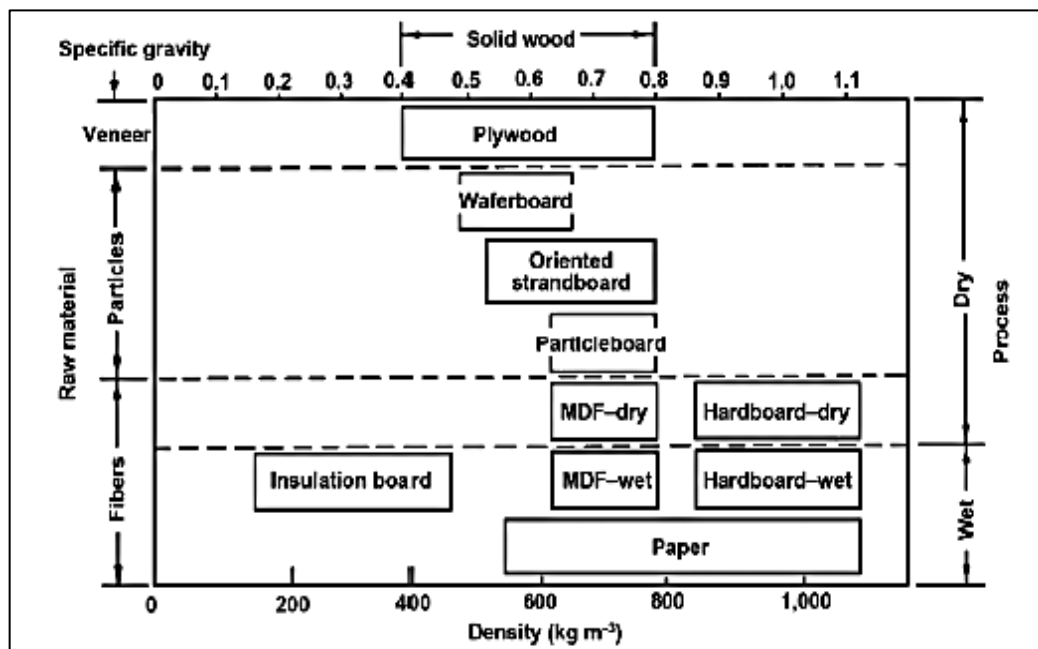
Figura 215 - Relação Madeira x PIDM - homogeneidade, demanda energética, propriedades mecânicas, custos de produção



Fonte: Barbu *et al.*, 2010.

Suchsland; Woodson (1986) compõem uma classificação dos diversos tipos de PIDM baseado no material (dimensão e forma), densidade e tipo de produção que pode ser por via seca ou úmida. Observa-se que os painéis tipo *MDF*, *Particleboards*, *Oriented Strandboard*, *Waferboard*, e *Plywood* apresentam-se na faixa entre 400 e 800 kg/m<sup>3</sup>, similar à madeira sólida. Os painéis tipo *Hardboard* apresentam densidade superior a esta faixa (FIG. 216).

Figura 216 - Classificação dos PIDM conforme material, densidade e processo de fabricação



Fonte: Suchsland, Woodson, 1986.

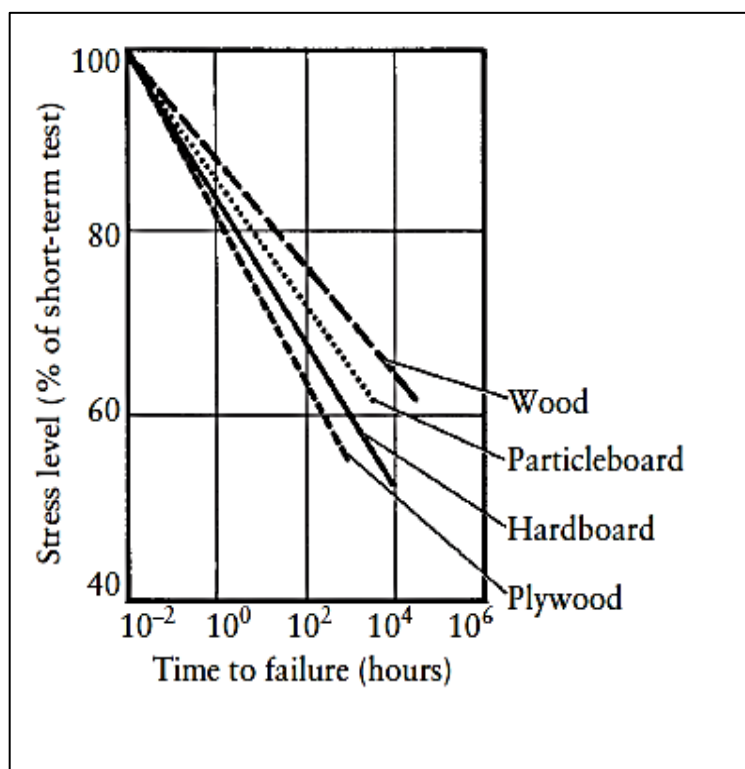
A produção dos PIDM tem sido modificada ao longo dos anos visando melhorias, conforme as exigências de mercado e das normas regulamentadoras de produção.

Advances particularly in the fields of adhesive formulations, production technology, as well as online measuring and control techniques, have triggered a technology push. The adaptation of these technologies to the wood-based panels industry has been motivated by the requirement to improve product quality and reduce manufacturing costs at the same time, or, in other words, to secure the competitiveness of the wood-based panel producers. But there is also a continuous market pull that drives the panel manufacturers and research institutes towards product innovations. Examples of such developments are the increasing demand for light furniture, or the need to adapt panel properties so that new coating technologies can be applied (THOEMEN, 2010, p. xii).<sup>64</sup>

<sup>64</sup> Avanços, particularmente, no campo de formulações de adesivos, bem como as técnicas de medição e controle na produção, desencadearam um impulso tecnológico. A adaptação destas tecnologias para a indústria de painéis tem sido motivada pelas exigências de melhorar a qualidade do produto e redução de custos de fabricação, em outras palavras, promover qualidade e reduzir custos, assegurando a competitividade de produção de produtos à base de madeira. Mas, existe também uma pressão

Shumulsky, Jones (2011) afirmam ao comparar deformações por carregamento contínuo em situações de curta duração, entre diversos produtos derivados e a madeira natural, que a madeira apresenta melhor desempenho. Os autores esclarecem que, a menos que ocorra eventos externos, tais como, ataque de microrganismos, mudanças drásticas de umidade, ou outro tipo de sinistro, a resistência da madeira é maior. A relação entre o nível de stress e o tempo de falha dos PIDM e a madeira é apresentada na figura 217.

Figura 217 - Relação entre o nível de carga e o tempo de deformação entre a madeira sólida e painéis de partículas, chapa dura e compensado.



Fonte: Gerhads, 1977<sup>65</sup>; apud Shmulsky, Jones, 2011.

continua de mercado que impulsiona a produção em relação à inovação dos produtos. Exemplos de tais desenvolvimentos são a crescente demanda por móveis mais leves e novas tecnologias de acabamentos e revestimentos. Tradução nossa.

<sup>65</sup> Gerhads, C.C. **Effect of duration and rate of loading on strength**. Washington: USDA Forest Service Research Paper, 1977.

Observa-se no gráfico acima que em ordem de resistência ao stress em curta exposição, a madeira é o material mais resistente, seguido dos painéis de partículas, chapa dura e compensados.

### **D.1 Adesivos e aditivos empregados na fabricação dos PIDM**

No processo de transformação da madeira natural em painéis industrializados utiliza-se adesivos para a aglutinação das fibras, partículas e colagem das lâminas. O desenvolvimento das resinas sintéticas no século XX contribuiu muito para o fortalecimento da produção de painéis. As características de durabilidade, rigidez e resistência à umidade dos novos produtos superaram os adesivos de composição natural antes usados (IWAKIRI, 2005, DUNKY, 2003).

Considera-se como ponto de partida para a produção destes produtos a fabricação do filme fenólico pela empresa alemã *Theo Godschmidt AG* (KOLLMANN *et al.*, 1975).

A adaptação da tecnologia advinda do desenvolvimento da indústria de adesivos sintéticos para a fabricação dos PIDM foi motivada pela exigência de melhorias de qualidade dos painéis e redução de custos. Sandberg (2016) aponta que trabalhos executados com a madeira natural e os PIDM madeira consomem 70% do volume total de adesivos produzidos.

During the 20th century, wood adhesives shifted from natural to synthetic organic polymers. A polymer is a large molecule constructed of many small, repeated units. Natural polysaccharide and protein polymers in blood, hide, casein, soybean, starch, dextrin, and other biomass have been used as adhesives for centuries. These polymers are still in use today, although they have been largely replaced by petrochemical and natural-gas-based systems. The first wood adhesives based on synthetic polymers were produced commercially during the 1930s. Synthetic polymers can be made stronger, more rigid, and more durable than wood, and they generally have much greater water than do traditional adhesives from natural polymers<sup>66</sup> (FRIHART; HUNT, 2010, p.10-1).

---

<sup>66</sup> Durante o século XX, os adesivos de polímeros orgânicos utilizados para madeira, foram sendo substituídos pelos sintéticos. Um polímero é uma molécula grande constituída de várias repetições de pequenas unidades. Polissacarídeos naturais e polímeros de proteínas como o sangue, couro, caseína,

Frihart; Hunt (2010) destacam os seguintes requisitos para os adesivos empregados em madeira:

- Composição, teor de sólidos, viscosidade e pureza.
- Cor e cheiro.
- Condição favorável ao transporte e armazenagem, sem riscos.
- Facilidade de aplicação.
- Qualidade adequada para colagem.
- Resistência climática.
- Propriedade adequada de endurecimento.
- Compatibilidade para aditivos.
- Comportamento de aderência a frio.
- Comportamento ecológico.
- Controle de emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV).
- Custo acessível.

Existem, na atualidade, uma variedade de resinas para uso na indústria de painéis, sendo que, predominam aquelas à base de formaldeído. Destacam-se os adesivos termoendurecedores ou termofixos – caracterizados pelo comportamento rígido e insolúvel quando aquecidos, devido a reações de policondensação (IWAKIRI, 2005). Os principais compostos (FIG. 218) utilizados são a ureia-formaldeído, e melamina-formaldeído e o fenol-formaldeído (DUNKY, 2003; MALONEY, 1997).

---

soja, amido, dextrina, e outras biomassas têm sido utilizados como adesivos durante séculos. Estes polímeros, ainda hoje estão em uso, embora tenham sido largamente substituídos por substâncias sintéticas derivadas da indústria petroquímica e baseados em gás natural. Os primeiros adesivos para madeira à base de polímeros sintéticos foram comercializados na década de 1930. Os polímeros sintéticos podem ser mais fortes, mais rígidos e mais duráveis, e têm geralmente uma resistência à água muito maior do que adesivos tradicionais de polímeros naturais. Tradução nossa.

Figura 218 - Principais resinas empregadas nos PIDM

Urea	Melamine	Phenol	Formaldehyde
Mono methylol urea $\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}-\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{C}=\text{O} \\   \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \end{array}$	Mono methylol melamine $\text{HOH}_2\text{CHN}-\text{C}=\text{N}-\text{C}=\text{N}-\text{NH}_2$	Mono methylol phenol 	

Fonte: Thoemen *et al.*,2010.

Comparando as propriedades destas resinas com os requisitos apresentados por Frihart; Hunt (2010) percebe-se, principalmente, problemas relacionados à emissão de COV, cheiro e comportamento ecológico.

O formaldeído presente na formulação destes adesivos é um gás de odor forte, incolor, solúvel em água e com alta reatividade química. Os painéis industrializados podem emitir ao ambiente formaldeído livre retidos nas placas durante a produção, e resultantes de processo de hidrólise lenta. Países da Europa, Japão e Estados Unidos foram os precursores nos estudos sobre relação entre formaldeído e qualidade do ar nos ambientes. A partir de 1970, limites de emissão deste gás foram estabelecidos por meio de normas específicas para proteção da saúde humana (SANTOS, 2014; SANDBERG, 2016; THOEMEN *et al.*, 2010)

Santos (2014) explica que a toxicidade do produto é descrita pela Organização Mundial de Saúde, que estabelece o limite de exposição de curta e longa duração de 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Os principais sintomas provocados por exposição de curta duração são: irritação nos olhos, nariz e garganta, evoluindo para lacrimação, tosse e náuseas. O Comitê Europeu de Regulação do Registro, Avaliação e Autorização de Produtos Químicos (REACH) classificou o formaldeído em 2013 como uma substância de presumível potencial cancerígeno ao ser humano e especifica os seguintes índices:

- E1= baixa liberação (inferior ou igual a 8 mg HOCH/100g de amostra).

- E2= média liberação (maior que 8mg HOCH /100g de amostra e inferior ou igual a 30 mg/100g de amostra).
- E3= alta liberação (maior que 30 mg/ HOCH 100g de amostra e inferior ou igual a 60 mg/100g de amostra).

No Brasil as principais indústrias têm procurado se adequar às normas internacionais.

As nove empresas que detêm 99% da produção brasileira e integram o Programa Setorial de Qualidade para Painéis de Madeira, reconhecido pelo Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), do Ministério das cidades, utilizam o formaldeído para a fabricação de resinas na produção de MDP e MDF classe E1 e E2 e atendem as normas da ABNT - NBRs 14819-2 (MDP) e 1516-2 (MDF) para os produtos comercializados no mercado brasileiro e quando exportados, os painéis produzidos no Brasil atendem às elevadas exigências européias e americanas de emissão máxima de formaldeído (IBA, 2016, *apud* REVISTA REMADE, 2016, p.1).

A Comissão de Estudos da ABNT propôs a revisão dos índices permitidos em relação à classificação de emissão de formaldeído. A proposta é eliminar o índice E3 nas normas ABNT NBR 15316-2:2014 e ABNT NBR 14810 – 2: 2013 (IBA, 2021).

Pesquisa sobre emissão de COV e demais gases poluentes em ambientes expositivos tem sido crescente desde o século XX. A publicação do *Getty Conservation Institute* (2006), intitulada *Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environments*, reúne pesquisas e metodologias para a análise da qualidade do ar em museus, abarcando espaços de exposição, áreas de reserva técnica, vitrines e armários para armazenamento e guarda. Sobre o formaldeído, o texto esclarece que a emissão em ambientes internos está associada em compensados e demais compósitos de madeira. Aponta os seguintes riscos ao acervo proveniente da contaminação com este composto: corrosão de metais, fragilização da celulose, deterioração de materiais calcários e vítreos.

Devido a estes problemas a demanda atual da produção de adesivos prioriza melhor performance higroscópica, melhor desempenho em áreas externas, custo reduzido e redução de emissões de COV (DUNKY, 2003).

As principais resinas empregadas na produção dos painéis estão descritas no Quadro 31:



Quadro 30 - Tipos de adesivos X tipos de painéis

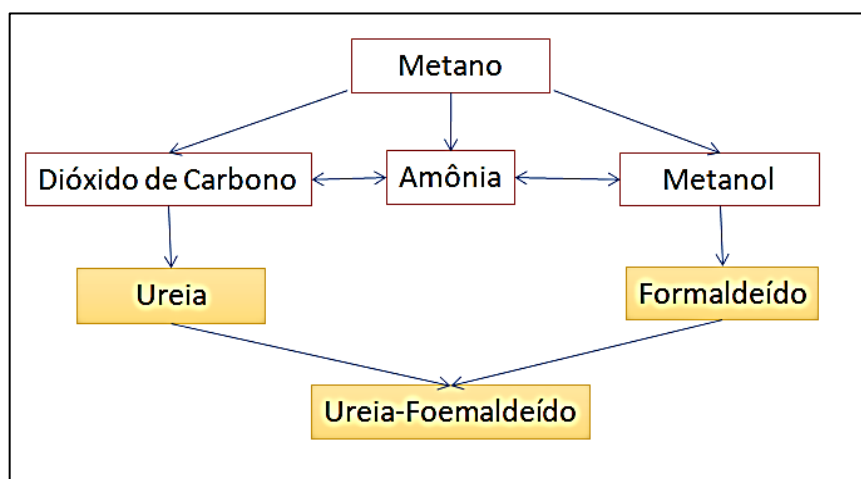
Adesivo	Painéis de partículas	Chapa dura processo úmido	MD F	Compensado
Ureia-Formaldeído (UF)	X		X	X
Melamina-Ureia-Formaldeído (MUF)	X		X	
Melamina-Formaldeído (MF) e MUF	X		X	X
Melamina-Ureia-Fenol--Formaldeído (MUFF)	X		X	X
Fenol-Formaldeído (FF); Fenol-Ureia-Formaldeído	X		X	X
Ativação Lignina		X		

Fonte: Dunky, 2003.

O composto ureia-formaldeído é empregado na maioria dos painéis de madeira, devido ao baixo custo em relação às demais resinas. Apresenta coloração transparente ou branca e fornece boa resistência a seco (THOEMEN *et al.*, 2010).

A composição da resina ureia-formaldeído baseia-se, na reação de dióxido de carbono e amônia, em faixa de temperatura entre 135 e 200°C e pressão de 70 a 130 atm. (pressão atmosférica). O gás metano (CH<sub>4</sub>) é constituinte básico para a síntese da ureia e do formaldeído (IWAKIRI, 2005, MALONEY, 1997). A figura 219 esquematiza a formação da resina ureia-formaldeído.

Figura 219 - Representação esquemática da produção da resina ureia-formaldeído.



Fonte: A autora, 2021.

Segundo Iwakiri (2005) a ureia-formaldeído apresenta problemas de degradação hidrolítica na presença de umidade ou ácidos, principalmente em temperaturas

moderadas a elevadas, sendo indicada para painéis de uso interno. "Enquanto a quebra da resina é muito lenta em água fria, a deterioração se acelera acima de 40° C e torna-se muito rápida acima de 60°C" (IWAKIRI, 2005, p. 23). Thoemen *et al.* (2010) aponta o problema de emissão de formaldeído dos painéis executados com este composto.

A resina melamina-formaldeído comparada à ureia-formaldeído apresenta as seguintes melhorias: maior resistência à umidade, maior estabilidade ao calor, capacidade de se ajustar a baixas temperaturas, melhor aplicabilidade para acabamentos superficiais, (KOLLMANN *et al.*, 1975). Em contrapartida possui custo mais elevado (IWAKIRI, 2005; THOEMEN *et al.*, 2010).

A resina formol-formaldeído foi uma das primeiras resinas sintéticas desenvolvidas no início do século XX. Apresenta excelente durabilidade e boa propriedade de adesão. Estas características fazem com que sejam utilizados, preferencialmente, para painéis de áreas externas. É um material de custo mais elevado comparado às demais resinas (DUNKY, 2003; IWAKIRI, 2005).

Na produção dos PIDM as resinas são empregadas conforme a especificidade e exigência normativas de cada painel. Os compostos podem ser misturados visando melhorias nos compostos, a exemplo da resina melamínica, que incorporada à ureia-formaldeído aumenta a sua resistência obtendo-se a melamina-ureia-formaldeído.

Diferentes aditivos também são incorporados para proporcionar desempenhos específicos, tais como proteção bacteriana, resistência à umidade, ao fogo, etc. Estes compostos são adicionados no processo de aglutinação dos fragmentos de madeira, mas também podem ser empregados na camada superficial, alterando a aparência com efeitos estéticos distintos, promovendo, ainda, mais resistência à abrasão e dureza (SANDBERG, 2016).

Iwakiri (2005) descreve os seguintes processos com aditivos:

- Catalisação e endurecimento: Produtos como o cloreto e sulfato de amônia podem ser adicionados à resina ureia-formaldeído. Funcionam como catalisadores reativando a pré-condensação e aumentando a velocidade de polimerização e cura da resina. Reduzem também o pH da resina tornando o

meio mais ácido. O efeito como endurecedor acontece devido à combinação com o formaldeído livre.

- Diminuição de higroscopicidade: para efeitos de redução de higroscopicidade e melhoria da estabilidade dimensional dos painéis usa-se emulsão de parafina (IWAKIRI, 2005).
- Retardantes de fogo: fosfato de amônia, ácido bórico, sulfato de amônia e bromato de amônia são compostos que podem ser adicionados durante o processo de produção ou também por impregnação dos painéis para promover a função de retardante de fogo.
- Preservantes contra fungos e insetos: adição de produtos a base de boro na proporção de 1 a 2% melhoram a resistência dos painéis ao ataque de fungos. Produtos à base de piretróide e hexaclorociclohexano promovem proteção contra insetos xilófagos.
- Produtos extensores: São substâncias à base de amido ou proteína, adicionadas na composição dos adesivos usados na fabricação de chapas de compensado, com a função de reduzir custos, aumentar a viscosidade e contribuir em processos específicos na construção das chapas.
- Materiais de enchimento: são substâncias sem propriedades de adesão, empregadas para aumentar o volume do adesivo reduzindo custos. No caso da produção de compensados auxilia no controle da penetração do adesivo, principalmente, quando são usadas lâminas ásperas e secas. Promovem uma redução na absorção de água e são menos suscetíveis a ataques de fungos e insetos do que os produtos extensores.

A empresa Guararapes (2020) anunciou recentemente que a tecnologia NanoxClean, desenvolvida e aplicada nos painéis de MDF, elimina 99,9 % dos vírus SAR-CoV-2 em até 30 minutos (FIG. 220). Este procedimento tem sido utilizado em chapas de MDF a cerca de 5 anos, para evitar proliferação de fungos e bactérias nos painéis. Testes recentes realizados pela empresa QUASAR-BIO qualificaram o produto.

Figura 220 - MDF anti-COVID Guararapes

**A ESCOLHA CERTA  
PARA QUEM COLOCA A SAÚDE  
EM PRIMEIRO LUGAR.**

MDF anti-Covid de verdade  
é **Guararapes**.

Presente em todo o portfólio  
decorativo da Guararapes, a  
tecnologia **NanoxClean®** protege  
o MDF contra agentes infecciosos.  
Com uma barreira formada  
por nanopartículas de prata,  
sua proteção facilita a higienização  
e impede a proliferação de  
microrganismos, como vírus  
e bactérias.

 Protege a superfície  
contra bolores e odores.

 MDF livre de germes,  
vírus e bactérias.

 Facilita a limpeza e contribui  
para um ambiente saudável.

Fonte: Guarapapes, 2020.

## D.2 Normalização e Certificação dos Produtos

No Brasil as normalizações que norteiam a fabricação dos PIDM e demais estruturas de madeira são de responsabilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) representa a indústria brasileira de madeira sólida nos diversos segmentos e produtos. A entidade participa de estudos e programas de certificação juntamente com a ABNT e outras entidades. Desenvolve programas de qualidade e certificações conforme as exigências de mercado através do Programa Nacional de Qualidade da Madeira (PNQM). É gestora do Comitê Brasileiro de Madeira (ABNT/CB-31), e desde 2003, através de um acordo com o órgão inglês *Element BV*, obteve o selo "CE" que certifica as empresas produtoras de painéis na Comunidade Européia. O selo indica que a empresa está em conformidade com a norma européia EN que regulamenta os *wood-based panels* em 28 países do bloco (ABIMCI, 2016). O Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), também estabelece vários critérios para a comercialização de painéis no Brasil, de acordo com as normas

da ABNT. A *American National Standards Institute*<sup>67</sup> (ANSI) é a entidade americana responsável pelas normalizações e padronizações nos Estados Unidos da América. A ASTM<sup>68</sup> Internacional (ASTM) é também um órgão americano de normalizações, e através de consenso dá suporte a comitês técnicos em todo o mundo.

O *European Committee for Standardization*<sup>69</sup> (CEN) foi fundado em 1961 e é o órgão responsável pela elaboração das Normas Europeias (EN).

---

<sup>67</sup> Disponível em: <ansi.org>. Acesso em 05 mai 2020.

<sup>68</sup> Disponível em: <astm.org>. Acesso em 05 mai 2020.

<sup>69</sup> Disponível em: <cen.eu/Pages/default.aspx>. Acesso em 05 mai 2020.

## ABNT / COMITÊ BRASILEIRO DE MADEIRA - CB 31

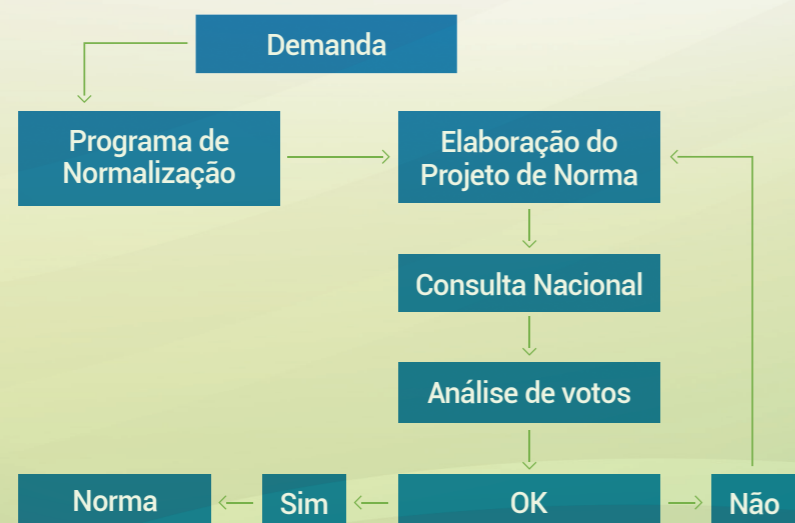
A ABIMCI é a entidade gestora nacional do ABNT/CB-31 – Comitê Brasileiro de Madeira, órgão técnico formado por Comissões de Estudo, onde as Normas Brasileiras são desenvolvidas. As Comissões de Estudo têm por objetivo elaborar e revisar as normas brasileiras de acordo com as demandas apresentadas.

As Comissões de Estudo (CE) são formadas por membros de diversas classes interessadas, desde representantes de universidades, institutos de pesquisas, produtores, consumidores, entre outros.

O CB-31 faz a gestão do processo de desenvolvimento de normas para madeira que se dá a partir de uma necessidade manifestada pela sociedade. A comissão de estudo elabora o projeto de norma, que é submetido à Consulta Nacional, para a sua posterior publicação.

A publicação de uma norma técnica é um importante progresso para toda a cadeia do produto avaliado. Quando esse produto, por meio de um programa de qualidade e certificação baseado na norma é reconhecido pelo mercado, caracteriza um grande avanço para incrementar seu uso no mercado consumidor e a consequente diminuição de barreiras técnicas e comerciais.

E esse é o principal papel da ABIMCI como entidade gestora de 16 Comissões de Estudo que compõem o CB-31 da ABNT: organizar as ações em cada uma das comissões de estudo, desenvolver as normas, apreciá-las em consulta pública, publicá-las e assim torná-las disponíveis para a sociedade.



### Veja como você pode participar na criação de uma norma:

Como produtor, consumidor e neutro (universidades, institutos, laboratórios, entre outros).

Entre em contato com a Abimci e faça parte desta ação: [abimci@abimci.com.br](mailto:abimci@abimci.com.br) - [cb31@abnt.org.br](mailto:cb31@abnt.org.br)

## COMISSÕES DE ESTUDOS QUE COMPÕEM O ABNT / CB 31 MADEIRA

- CE 31.000.02 Madeira serrada
- CE 31.000.03 Secagem madeira serrada
- CE 31.000.04 Caracterização físicas e mecânicas da madeira
- CE 31.000.05 Chapas de madeira compensada
- CE 31.000.07 Chapas de fibras de média densidade
- CE 31.000.09 Peças de madeira serrada
- CE 31.000.10 Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos
- CE 31.000.11 Mourões de madeira preservada para cercas
- CE 31.000.12 Portas de madeira
- CE 31.000.13 Pisos de madeira maciça
- CE 31.000.14 Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão
- CE 31.000.15 Preservação de madeira
- CE 31.000.16 Cruzeta roliça de eucalipto tratada
- CE 31.000.17 Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica
- CE 31.000.18 Painéis de partículas de média densidade
- CE 31.000.19 Chapa dura de fibra de madeira

O Comitê Brasileiro de madeira da ABNT possui 48 normas já publicadas através da gestão da ABIMCI. Conheça as últimas normas já publicadas:

#### CE 31.000.02 – Madeira serrada

ABNT NBR 737:2011 – Madeira serrada de coníferas – Dimensões – Métodos e medições  
 ABNT NBR 738:2011 – Madeira serrada de coníferas – Dimensões – Desvios permitidos e retração  
 ABNT NBR 8903:2011 – Madeira serrada de folhosas – Dimensões nominais

#### CE 31.000.05 – Chapas de madeira compensada

ABNT NBR ISO 12466-1:2012 – Madeira compensada – Qualidade de colagem – Parte 1: Métodos de ensaio  
 ABNT NBR ISO 12466-2:2012 – Madeira Compensada – Qualidade de colagem – Parte 2: Requisitos  
 ABNT NBR 9533:2012 – Compensado – Determinação da resistência à flexão estática – Método de ensaio

#### CE 31.000.07 – Chapas de fibra de média densidade

ABNT NBR 15316-1:2014 – Chapas de fibras de média densidade - Parte 1: Terminologia  
 ABNT NBR 15316-2:2014 – Chapas de fibras de média densidade - Parte 2: Requisito e métodos de ensaio

**CE 31.000.09 – Peças de madeira serrada**

ABNT NBR 14807:2002 – Peças de madeira serrada – Dimensões

**CE 31.000.10 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhos e cabos**

ABNT NBR 6236:2004 – Madeira para carretéis para fios, cordoalhas e cabos

**CE 31.000.11 – Mourões de madeira preservada para cercas**

ABNT NBR 9480:2009 – Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos

**CE 31.000.12 – Portas de madeira**

ABNT NBR 15930-1:2011 – Portas de madeira para edificações - Parte 1: Terminologia e simbologia

ABNT NBR 15930-2:2011 – Portas de madeira para edificações – Parte 2: Requisitos

**CE 31.000.13 – Pisos de madeira maciça**

ABNT NBR 15798:2010 – Pisos de madeira - Terminologia

ABNT NBR 15799:2010 – Pisos de madeira com e sem acabamento – Padronização e classificação – Errata: 2013

**CE 31.000.14 – Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão**

ABNT NBR 6232:2013 – Penetração e retenção de preservativos em madeira tratada sob pressão

**CE 31.000.15 – Preservação de madeira**

ABNT NBR 16143:2013 – Preservação de madeira – Sistema de categorias de uso

**CE 31.000.16 – Cruzeta roliça de eucalipto tratada**

ABNT NBR 16201:2013 – Cruzetas roliças de eucalipto preservado para redes de distribuição elétrica.

**CE 31.000.17 – Postes de eucalipto preservado para redes de distribuição de energia elétrica**

ABNT NBR 16202:2013 – Postes de eucalipto para redes de distribuição elétrica - Requisitos

**CE 31.000.18 – Painéis de partículas de média densidade**

ABNT NBR 14810-1: 2013 – Painéis de partículas de média densidade – Parte 1: Terminologia

ABNT NBR 14810-2: 2013 – Painéis de partículas de média densidade – Parte 2: Requisitos e métodos de ensaio

**CE 31.000.19 – Chapa dura de fibra de madeira**

ABNT NBR 10024:2012 – Chapa dura de fibra de madeira – Requisitos e métodos de ensaio



**ABIMCI – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente**

Avenida Comendador Franco, 1341 – Campus da Indústria – Jardim Botânico  
CEP 80215-090 – Curitiba – Paraná – Brasil  
(41) 3225-4358 • abimci@abimci.com.br

[www.abimci.com.br](http://www.abimci.com.br)



# Comitê Brasileiro de Madeira CB-31

[www.abimci.com.br](http://www.abimci.com.br)