

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora
Ano 2019

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Geraldo Alves

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Msc. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Msc. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Msc. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof. Msc. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Msc. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Msc. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Msc. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Msc. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof. Msc. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Msc. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
 (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)**

P474 Pesquisa científica e inovação tecnológica nas engenharias [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa PR: Atena Editora, 2019. – (Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias; v. 1)

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-85-7247-902-8
 DOI 10.22533/at.ed.028200601

1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Inovações tecnológicas.
 3. Tecnologia. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior | CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Pesquisa Científica e Inovação Tecnológica nas Engenharias 1” contempla vinte e três capítulos em que os autores abordam pesquisas científicas e inovações tecnológicas aplicadas nas diversas áreas de engenharia.

Os resultados obtidos através de pesquisas científicas trazem benefícios a sociedade e promovem inovações tecnológicas, surgindo como uma engrenagem nas engenharias.

O estudo sobre o comportamento de determinados materiais sob determinadas situações permite avaliar e otimizar seu uso, proporcionando o controle das condições ideais, bem como viabilizando a utilização de determinadas matérias primas. Por sua vez, essas matérias primas podem trazer benefícios ao meio ambiente, bem como trazer resultados econômicos satisfatórios.

A avaliação de propriedades físicas e mecânicas de materiais permite também a sua utilização em diversos segmentos da engenharia, proporcionando o desenvolvimento de novos produtos, trazendo benefícios a sociedade.

Diante do exposto, esperamos que esta obra traga ao leitor conhecimento técnico de qualidade, fazendo com que o leitor reflita sobre o uso das pesquisas científicas e as inovações tecnológicas no desenvolvimento social, e faça uso dessas ferramentas na melhoria de qualidade de vida na sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AÇÃO CORROSIVA DE SOLOS DO SUL DO BRASIL SOBRE ESTRUTURAS METÁLICAS	
Jessica Oliveira Ayres Matthews Teixeira Coutinho Devai Luciana Machado Rodrigues	
DOI 10.22533/at.ed.0282006011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAINÉIS AGLOMERADOS CONFECCIONADOS COM PINUS, EUCALIPTO, BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E ADESIVO POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA	
Estéfani Suana Sugahara Ana Laura Soler Cunha Buzo Raissa Pravatta Pivetta Sérgio Augusto Mello da Silva Elen Aparecida Martines Morales	
DOI 10.22533/at.ed.0282006012	
CAPÍTULO 3	21
ANÁLISE EXPERIMENTAL EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM LAMINADOS DE PRFC	
Nara Villanova Menon Maicon de Freitas Arcine Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.0282006013	
CAPÍTULO 4	35
CARACTERIZAÇÃO DE ARGAMASSA DE REVESTIMENTO DE FACHADA EM EDIFÍCIO LITORÂNEO COM EXPANSÃO, FISSURAÇÃO COM ESFARELAMENTO E BAIXA RESISTÊNCIA MECÂNICA: ESTUDO DE CASO	
Renato Freua Sahade Fabiano Ferreira Chotoli Sérgio Soares de Lima Priscila Rodrigues Melo Leal	
DOI 10.22533/at.ed.0282006014	
CAPÍTULO 5	45
CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DA VERMICULITA NA CONSTRUÇÃO	
Paula Thais dos Santos Felix	
DOI 10.22533/at.ed.0282006015	
CAPÍTULO 6	55
PINUS E EUCALIPTO PARA CONSTRUÇÕES LEVES EM MADEIRA (WOODFRAME) NO BRASIL: COMPARATIVOS, POSSIBILIDADES E DESAFIOS	
Mirna Mota Martins Júlia Cruz da Silva Matheus Fernandes Lima Rita Dione Araújo Cunha	

CAPÍTULO 7 68

ANÁLISE DE COMPORTAMENTO DO DESLIZAMENTO PINO SOBRE DISCO DO AÇO ISI 4140 X H13

Eric Elian Lima Espíndola
Andrey Coelho das Neves
Beatriz Seabra Melo
Vinicius Silva dos Reis
Milena Cristina Melo Carvalho
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Rodrigo Ribeiro Lima
Edgar Costa Cardoso
Aécio de Jesus Monteiro dos Santos
Emerson Rodrigues Prazeres
José Maria do Vale Quaresma

DOI 10.22533/at.ed.0282006017

CAPÍTULO 8 81

APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DO TIPO COSTANEIRAS DE CORYMBIA CITRIODORA PARA APLICAÇÃO EM MÓVEIS E COMPONENTES DECORATIVOS

Matheus Fernandes Lima
Mirna Mota Martins
Julia Cruz da Silva
Sandro Fábio Cesar
Rita Dione Araújo Cunha

DOI 10.22533/at.ed.0282006018

CAPÍTULO 9 94

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO

Mônica Duarte Aprilanti
Simone Fernandes Tavares
Akemi Ino

DOI 10.22533/at.ed.0282006019

CAPÍTULO 10 108

COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL UTILIZANDO PLACAS DE SILICATO DE CÁLCIO DE ALTA DENSIDADE

Lilian Cristina Ciconello
Luciana Alves de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.02820060110

CAPÍTULO 11 121

INCIDÊNCIA DE DESCOLAMENTO EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS ADERIDOS EM FACHADAS: CONTRIBUIÇÃO PARA O PROJETO E A PRODUÇÃO

Luciana Alves de Oliveira
Luciana Araújo Mauricio Varella
Renato Freua Sahade

DOI 10.22533/at.ed.02820060111

CAPÍTULO 12 133

COMPARAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO PARALELO ÀS FIBRAS DO *Eucalyptus urograndis*: CORPOS DE PROVA ISENTOS DE DEFEITOS X PEÇAS ESTRUTURAIS

Fabiana Yukiko Moritani
Carlito Calil Junior

DOI 10.22533/at.ed.02820060112

CAPÍTULO 13 145

CROSS LAMINATED TIMBER VS CONCRETO: RESISTÊNCIA MECÂNICA A COMPRESSÃO PARALELA ÀS FIBRAS E DENSIDADE

Aliane Cardoso de Almeida
Rafaele Almeida Munis
Jessé Salles Lara

DOI 10.22533/at.ed.02820060113

CAPÍTULO 14 158

DUREZA JANKA COMO ESTIMADOR DA DENSIDADE APARENTE E DAS RESISTÊNCIAS À FLEXÃO E COMPRESSÃO EM EUCALIPTO

Takashi Yojo
Cassiano Oliveira de Souza
Maria José de Andrade Casimiro Miranda
Sergio Brazolin

DOI 10.22533/at.ed.02820060114

CAPÍTULO 15 167

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DE NANOFIBRAS DE SÍLICA, OBTIDAS VIA SBS, E ARGILA MONTMORILONÍTICA EM POLIAMIDA 66

Edvânia Trajano Teófilo
Gabriel Lucena de Oliveira
Radamés da Silva Teixeira
Cláudio Bezerra Martins Júnior
Rosiane Maria da Costa Farias
Aline Vasconcelos Duarte
Ellen Cristine Lopes da Silva Bento
Raí Batista de Sousa
Francisco Diassis Cavalcante da Silva
Francisca Maria Martins Pereira

DOI 10.22533/at.ed.02820060115

CAPÍTULO 16 178

ESTUDO DAS FORÇAS DE CORTE NO MICROFRESAMENTO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Milla Caroline Gomes
Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.02820060116

CAPÍTULO 17 185

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE FORNO DIDÁTICO PARA FUNDIÇÃO DE ALUMÍNIO

Carlos Eduardo Costa
Jefferson Maiko Luiz

Ivan Rodrigues dos Santos
Emerson da Silva Seixas
Milton Luis Polli

DOI 10.22533/at.ed.02820060117

CAPÍTULO 18 194

QUANTIFICAÇÃO DE HIDROGÊNIO EM CORPOS DE PROVA DE UM AÇO ARBL
PARA ENSAIOS DE PUNÇIONAMENTO ESFÉRICO

Luiz Fernando Maia de Almeida
Rosenda Valdés Arencibia
Sinésio Domingues Franco

DOI 10.22533/at.ed.02820060118

CAPÍTULO 19 200

METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DA PRÉ-TRINCA POR FADIGA NO
ENSAIO SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues
Waldek Wladimir Bose Filho
Sinésio Domingues Franco
Rosenda Valdés Arencibia

DOI 10.22533/at.ed.02820060119

CAPÍTULO 20 206

BIOSSORÇÃO DE METAIS PESADOS UTILIZANDO A MICROALGA *Synechococcus
nidulans*

Juliana Silveira de Quadros
Paulo Fernando Marques Duarte Filho
Fernando Junges

DOI 10.22533/at.ed.02820060120

CAPÍTULO 21 216

DISTRIBUIÇÃO BIDIMENSIONAL DA PROFUNDIDADE DE MISTURA NO
RESERVATÓRIO DE LAJEADO, TOCANTINS

Marcelo Marques
Elaine Patricia Arantes
Fernando Oliveira de Andrade
Alexandre Kolodynskie Guetter
Cristhiane Michiko Passos Okawa
Isabela Arantes Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060121

CAPÍTULO 22 227

ESTUDO PROSPECTIVO E TECNOLÓGICO DA GERAÇÃO DE SYNGAS
UTILIZANDO CATALISADORES

Munique Gonçalves Guimarães
Grace Ferreira Ghesti
Camila Lisdália Dantas Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.02820060122

CAPÍTULO 23 240

UTILIZAÇÃO DE PELÍCULAS COMESTÍVEIS NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MORANGOS

Tatiane Barbosa dos Santos

Matheus Luis Ferrari

Marcio Eduardo Hintz

João Paulo Brazão Gianini

Rafael Rodrigo Bombardelli

Idiana Marina Dalastra

DOI 10.22533/at.ed.02820060123

SOBRE A ORGANIZADORA..... 251

ÍNDICE REMISSIVO 252

AVALIAÇÃO DE PROJETOS DE PAINÉIS EM MADEIRA PARA REVESTIMENTO DE FACHADAS: RECOMENDAÇÕES PARA O DETALHAMENTO CONSTRUTIVO

Data de aceite: 25/11/2019

Mônica Duarte Aprilanti

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU-USP), São Carlos-SP.

Simone Fernandes Tavares

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU-USP), São Carlos-SP.

Akemi Ino

Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (IAU-USP), São Carlos-SP.

RESUMO: A durabilidade das construções em madeira é decorrente do equilíbrio de diversos aspectos físico-químicos próprios do material e da influência de condições externas como a exposição às intempéries – um dos pontos-chave para desconstruir os preconceitos em relação ao seu uso em edificações. Neste sentido, um bom desenho e detalhamento de projeto são imprescindíveis para alcançar a durabilidade adequada dos sistemas, subsistemas e componentes aplicados na construção. O emprego da madeira em fachadas é muito comum no Exterior, mas no Brasil ainda é pouco utilizado em função da sua durabilidade associada à manutenção. Este artigo tem como objetivo estabelecer critérios técnicos para a avaliação e seleção de soluções projetuais para revestimentos de fachadas em madeira,

pautados nos conceitos de durabilidade, através da análise de cinco projetos de painéis. Os projetos foram desenvolvidos como objeto de estudo de disciplina optativa do curso de Arquitetura e Urbanismo do IAU-USP que teve como temática a substituição do revestimento de fachada da Unidade Experimental 002 construída no campus da universidade, a qual após 20 anos de exposição a intempéries encontrava-se bem deteriorada. A disciplina contou com a produção de protótipos dos painéis modulares e cadernos de projetos com especificações construtivas. A metodologia de avaliação baseou-se em critérios de durabilidade do sistema elaborados a partir da revisão bibliográfica. O resultado desta avaliação desdobra-se em recomendações para o detalhamento construtivo de painéis em madeira para revestimento de fachadas no intuito de nortear o desenvolvimento do projeto executivo e a produção dos painéis para substituição do revestimento atual.

PALAVRAS-CHAVE: Durabilidade. Fachadas em Madeira. Revestimento em Madeira. Detalhe Construtivo.

EVALUATION OF WOODEN PANEL
PROJECTS FOR FAÇADE COATING:
RECOMMENDATIONS FOR CONSTRUCTIVE
DETAILING

ABSTRACT: The timber constructions durability is due to the balance of several physical and chemical material aspects and the influence of external conditions such as weather exposure, being one of the key points to deconstruct the prejudices regarding the use of wood in buildings. In this sense, a good design and project detailing are essential to achieve the adequate durability of systems, subsystems and components applied in construction. The employ of wood in façades is widely used abroad, but in Brazil it is still uncommon, due to its durability associated with maintenance. This article aims to establish technical criteria for the evaluation and selection of design solutions for wood cladding, based on durability concepts, through the analysis of five panel designs. The projects were developed as object of study of an elective discipline of the Architecture and Urbanism course at IAU-USP that had as theme the replacement of the facade of Experimental Unit 002 built in the university campus, which after 20 years of weathering exposure is well deteriorated. The discipline included the production of prototypes of modular panels and project notebooks with constructive specifications. The evaluation methodology was based on system durability criteria elaborated from the literature review. The result of this evaluation unfolds into recommendations for the constructive detailing of wooden panels for cladding in order to guide the development of the executive project and the production of panels to replace the current cladding.

KEYWORDS: Durability. Wooden Façades. Wood Cladding. Constructive Detail.

1 | INTRODUÇÃO

O presente trabalho trata da avaliação dos projetos de painéis para revestimento de fachadas em madeira desenvolvidos durante a disciplina optativa denominada IAU0693: “Parâmetros para Projeto de Habitação em Madeira”, do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP). A disciplina, oferecida no primeiro semestre de 2017, teve como objetivo desenvolver um projeto para substituição da vedação externa da Unidade Experimental 002, sede do Grupo de Pesquisa em Habitação e Sustentabilidade – HABIS, localizado no Campus 1 da USP em São Carlos-SP.

A Unidade de Habitação Experimental 002 é resultado do projeto de pesquisa “Habitação Social: Concepção Arquitetônica e Produção de Componentes em Madeira de Reflorestamento e em Terra Crua”, desenvolvido entre 1996 e 1999, com apoio financeiro da Fundação de Apoio à Pesquisa de São Paulo (FAPESP). Teve como estratégia a produção de conhecimento sobre a viabilidade do uso da madeira de reflorestamento e de terra crua para habitação de baixo custo, simultaneamente à implantação de um canteiro experimental, e também, o redesenho dos espaços de habitação no país (GALINARI, 2003). Não menos importante foi a incorporação do conceito de sustentabilidade em suas diferentes dimensões ao projeto e à concepção dos sistemas construtivos da edificação, discussão que passou a ser norteadora das

ações do grupo de pesquisa.

A Unidade 002 foi construída em 1998. Sua fachada não passou por nenhum tipo de reforma ou manutenção desde então, estando bastante deteriorada no momento da disciplina. Através da abordagem pedagógica da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), a disciplina optativa possibilitou aos estudantes trabalharem com questões e problemas reais tendo a fachada enquanto objeto de estudo. Isso permitiu a verificação do material, do sistema construtivo, de detalhes do projeto, das condições de implantação e de patologias presentes no edifício, colaborando para a proposição de soluções. O não cumprimento das recomendações básicas para projeto em madeira foi identificado como principal fator responsável pela deterioração apresentada.

A durabilidade das construções em madeira é decorrente da influência de diversos aspectos físico-químicos próprios do material e de aspectos externos, como a exposição às intempéries. O correto entendimento desses requisitos, aliado a um bom desenho e detalhamento de projeto, é fundamental para garantir uma maior durabilidade dos sistemas, subsistemas e componentes empregados na construção, bem como para uma correta interface entre os mesmos. Este é, no nosso entender, um dos pontos-chave para desconstruir os preconceitos ao uso da madeira em edificações.

O objetivo deste artigo é, desta maneira, estabelecer critérios técnicos para a avaliação e seleção de soluções projetuais para revestimentos de fachadas em madeira, pautados nos conceitos de durabilidade. Estes critérios serão aplicados na análise dos produtos desenvolvidos na disciplina optativa a fim de subsidiar a escolha de um modelo para a substituição do atual revestimento da edificação, bem como determinar recomendações para a revisão projetual e o desenvolvimento do projeto executivo. Os produtos analisados foram os cadernos de projeto e os protótipos em escala real produzidos pelos alunos, e os registros do processo de projeto e produção feitos pelos autores.

O resultado dessa avaliação desdobra-se em recomendações para o detalhamento construtivo de painéis em madeira para revestimento de fachadas entendido como uma importante contribuição para a valorização e a disseminação do uso da madeira em edificações. A correta especificação de materiais e detalhes de projeto é imprescindível para a obtenção de bons resultados estéticos e para a garantia da durabilidade do material, evitando erros que possam reforçar o preconceito ao uso da madeira na construção civil.

2 | O USO DA MADEIRA EM REVESTIMENTOS DE FACHADAS

2.1 A madeira enquanto material de construção

A madeira é um material construtivo de origem natural e, diferente de outros recursos, é renovável quando proveniente de áreas de manejo florestal e de reflorestamento. Também é considerada um material carbono-eficiente, chegando a estocar perto de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂) para cada 1m³ de madeira utilizada para fins de longa duração (PUNHAGUI, 2014; HILDEBRANDT, HAGEMANN, THRÄN, 2017; KUITTINEN, LUDVIG, WEISS, 2013; LEHMANN, 2013). No processo de fotossíntese a árvore absorve CO₂ do ar, minimizando o efeito estufa. O CO₂ absorvido permanece na madeira durante toda a sua vida útil, voltando à atmosfera apenas se o material for queimado, ou naturalmente degradado. Desta forma, o incentivo ao uso da madeira de adequada proveniência em edificações pode contribuir para a redução dos impactos ambientais relacionados à construção civil.

A madeira também é conhecida como um material de baixa energia incorporada e boa relação peso / resistência (LEHMANN, 2013; KOLB, 2008), quando comparada a materiais construtivos como aço, concreto e bloco cerâmico. Possui alto grau de reutilização e reciclabilidade em sistemas construtivos se empregada a partir dos princípios de montagem e desmontagem (HOWE, 2015; HILDEBRANDT, HAGEMANN, THRÄN, 2017). Ao final de seu ciclo de vida, após o esgotamento de todas as possibilidades de reuso e reciclagem, a madeira pode ser incinerada para a geração de energia (HOWE, 2015), fechando seu ciclo de vida.

Sua versatilidade permite a construção de estruturas leves e de formas variadas por meio de tecnologias de produção industrial que transformam a matéria prima em diversos elementos construtivos e produtos: desde a madeira roliça unicamente descascada à Madeira Laminada Colada (MLC) com curvatura em mais de um eixo.

Nos últimos anos, a madeira teve sua utilização amplamente estendida graças à disseminação da construção em painéis de madeira maciça e aos produtos à base de madeira serrada, como a Madeira Laminada Cruzada (*Cross Laminated Timber* - CLT) e os painéis sarrafeados, que podem ser usados nos mais diversos sistemas estruturais ortogonais, como pisos, paredes e coberturas. Nas fachadas também surgem soluções de revestimento extremamente variadas utilizando seções que vão desde pranchas perfiladas até sarrafos e régua sobrepostas ou com juntas abertas (HERZOG et al., 2007).

2.2 Princípios gerais de durabilidade da madeira

Por ser um material orgânico, sujeito à degradação biológica, são necessários alguns cuidados no emprego da madeira que vão desde a proteção com preservativos

químicos a especificações projetuais que definam o seu correto emprego. Segundo Ino (1997), a durabilidade de componentes e sistemas construtivos em madeira é decorrente da correta integração entre soluções de projeto, tratamento preservativo do material, e manutenção periódica, a fim de prevenir a ação de agentes biológicos e não biológicos.

Entre as principais recomendações para o projeto em madeira Bittencourt e Hellmeister (1995), Ino (1997) e Gonzaga (2006) destacam:

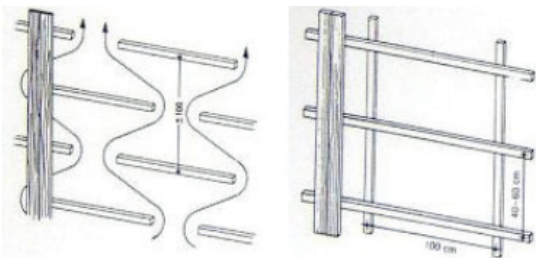
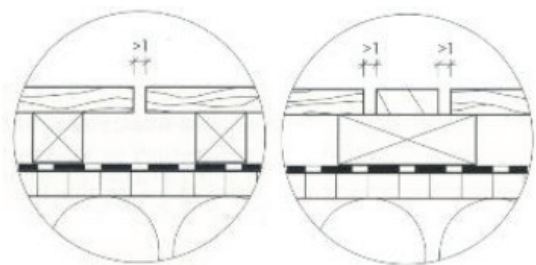
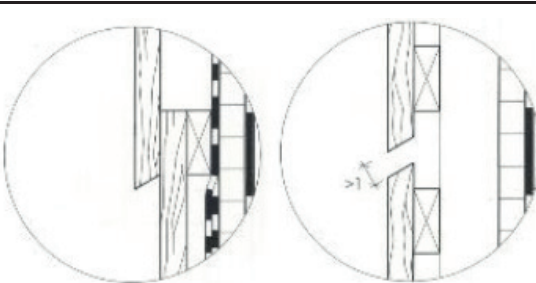
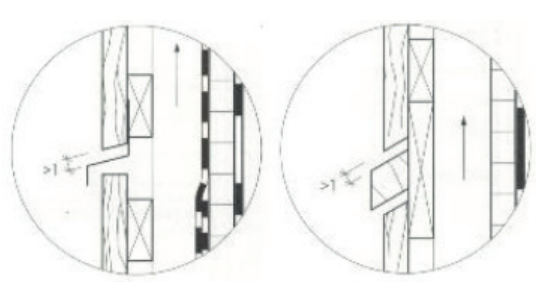
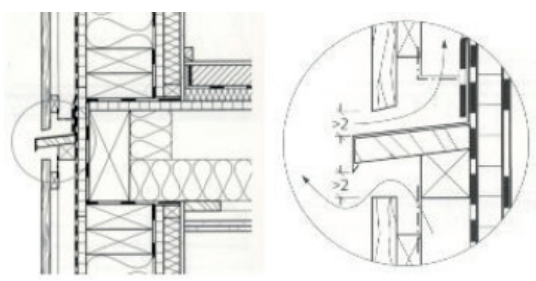
- Manter elementos em madeira sempre secos, através de boa ventilação e drenagem: a madeira pode molhar, mas não deve acumular água, principalmente em juntas, conexões e rachaduras, uma vez que a presença de água e umidade constantes permitem a proliferação da ação biológica (fungos);
- Fazer bom uso de sistemas de beirais, calhas e rufos para proteger paredes da umidade em excesso, assim como da radiação solar que provoca fissuramento no material;
- Afastar elementos construtivos do chão, ao menos 30 cm, evitando ascensão de umidade por capilaridade ou por respingamento de águas de chuva, ações que provocam o apodrecimento de elementos de apoio ou acabamentos próximos;
- Adequar a umidade da madeira à umidade do local de uso a fim de minimizar deformações e fendilhamentos decorrentes de movimentos de retração e inchamento;
- Proteger extremidades e saliências, para evitar ataque biológico e degradação por ação do sol: topos de beirais ou de qualquer peça estrutural devem receber a proteção de uma peça de sacrifício, como é o caso das tabeiras e testeiras nas coberturas. As extremidades das peças, sempre que possível, devem ser chanfradas para garantir o escoamento de água;
- Executar acabamento superficial dos componentes com uso de stains e retardantes de chamas, a fim de aumentar a proteção à ação de intempéries e ao fogo;
- Especificar corretamente a espécie da madeira de acordo com sua classe de resistência e local de uso: cada espécie é mais indicada para um tipo de uso e exposição ao clima.

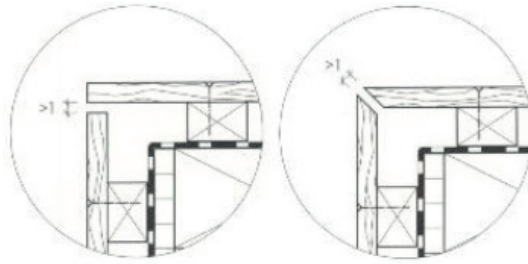
Embora o fator biológico seja a principal causa da deterioração de elementos de madeira utilizados na construção civil, muitas vezes os esforços excessivos a que as peças estão sujeitas, também contribuem para o processo de deterioração. Além disso, a durabilidade natural da madeira é uma das características que pode ser determinada por meio de ensaios laboratoriais e deve ser conhecida para o correto uso do material em fachadas.

2.3 Detalhes construtivos em sistemas de fachadas

Pelo já exposto, fica evidente a importância do correto detalhamento dos projetos

de construções em madeira. Entretanto, há escassez de literatura específica sobre o assunto disponível em português. No Quadro 1 são relacionados alguns detalhes construtivos provenientes da literatura internacional que se aplicam a sistemas de fachadas, e que foram utilizados para a elaboração de critérios técnicos para avaliação dos sistemas de revestimentos propostos.

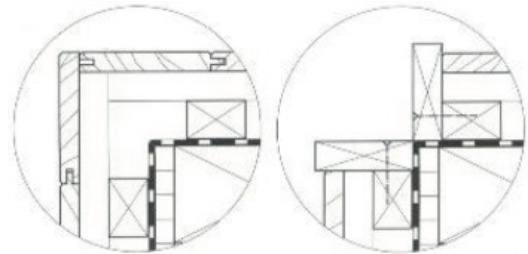
DETALHE	DESCRIÇÃO
 <p data-bbox="440 712 727 745">DET 1: Perspectiva.</p>	<p data-bbox="898 439 1487 510">Espaçamento entre revestimento e parede</p> <p data-bbox="898 512 1487 734">As fachadas com câmara de ar facilitam a evaporação da água reduzindo a variação dimensional das régua de revestimento. Os sarrafos utilizados para fixação das régua de revestimento devem permitir a ventilação adequada da parede.</p>
 <p data-bbox="472 1055 687 1088">DET 2: Planta.</p>	<p data-bbox="898 768 1406 801">Espaçamento entre juntas verticais</p> <p data-bbox="898 804 1487 1061">Para fachadas não tratadas, a largura da junta deve ser de pelo menos 1 cm. Para fachadas com tratamento superficial, bem como painéis à base de madeira com proteção superficial, a largura da junta deve corresponder, no mínimo, à espessura da peça, mas não inferior a 1 cm.</p>
 <p data-bbox="480 1402 679 1435">DET 3: Corte.</p>	<p data-bbox="898 1097 1487 1169">Espaçamento e geometria de juntas horizontais</p> <p data-bbox="898 1171 1487 1361">No caso de sobreposição, a borda inferior da peça sobreposta deve ser cortada em um ângulo de 15°. Para juntas abertas (≥ 1 cm), as arestas devem ser cortadas com um ângulo de 15°.</p>
 <p data-bbox="480 1749 679 1783">DET 4: Corte.</p>	<p data-bbox="898 1449 1374 1482">Interface entre juntas horizontais</p> <p data-bbox="898 1485 1487 1787">A água pode escorrer apenas com larguras de juntas ≥ 1 cm. Uma pingadeira metálica deve ser fixada por trás do revestimento, subindo pelo menos 5 cm. No caso de pingadeira em madeira, esta deve ser uma peça resistente ao desgaste, com maior durabilidade natural, que possa ser trocada ao final de sua vida útil.</p>
 <p data-bbox="480 2092 679 2125">DET 5: Corte.</p>	<p data-bbox="898 1800 1487 1834">Interface entre revestimento e pavimentos</p> <p data-bbox="898 1836 1487 2027">Nas juntas horizontais de interface entre pavimentos ou entre sarrafos de fixação das régua de revestimento, as aberturas de entrada e saída de ar devem ter no mínimo 2 cm.</p>



DET 6: Planta.

Juntas de canto com revestimento horizontal

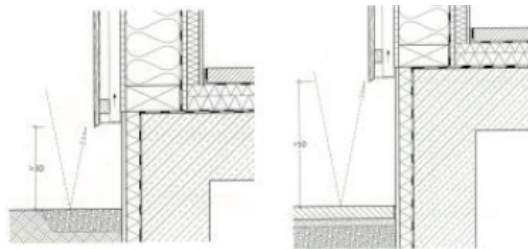
Para fachadas não tratadas a largura da junta deve ser de pelo menos 1 cm. Para fachadas com tratamento superficial, bem como painéis à base de madeira com proteção superficial, a largura da junta deve corresponder, no mínimo, à espessura da peça, mas não inferior a 1 cm.



DET 7: Planta.

Juntas de canto com revestimento vertical

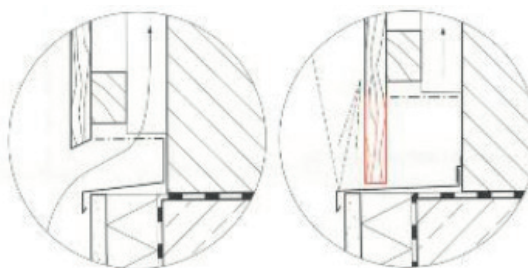
Somente pode-se abdicar das juntas de canto com espaçamento quando utilizado revestimento de tábuas verticais.



DET 8: Corte.

Distanciamento do revestimento ao chão

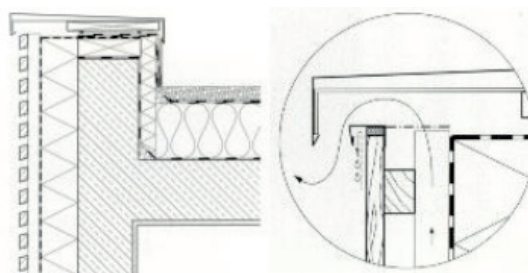
A área sujeita a respingos d'água é de cerca de 30 cm do solo coberto com cascalho, aumentando até a altura de 50 cm em solos lisos e/ou com intemperismo acentuado.



DET 9: Corte.

Distanciamento entre fundação e fachada

Fundações sobressalentes podem provocar respingos ou acúmulo de água nesta região e causar danos ao revestimento. Deve-se garantir a drenagem adequada com o uso de pingadeira e a ventilação suficiente atrás da fachada através do afastamento entre os elementos.



DET 10: Corte.

Interface entre revestimento e telhado sem beiral

Um rufo evita infiltração de água na área de conexão entre fachada e telhado. No caso de revestimento de tábuas ou ripas abertas, deve-se executar uma camada posterior resistente a intempéries.

Quadro 1: Detalhes construtivos para fachadas em madeira

Fonte: Aprilanti, Tavares e Ino (2018) adaptado de Graíño (1995) e Schober (2014).

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 A Unidade Habitacional Experimental 002

A Unidade 002 foi construída utilizando o sistema estrutural em pilar-viga de eucalipto serrado, e vedações em terra palha, taipa de mão e painéis pré-fabricados em madeira. Externamente, as paredes foram revestidas com o sistema tábua e mata-junta vertical em pinus sem tratamento químico, com pintura em stain. A edificação de dois pavimentos é composta de dois blocos servidos, bloco de serviço e área central com pé direito duplo, totalizando 68m². Após a conclusão de sua construção no final de 1998, o revestimento externo não passou por nenhum tipo de manutenção, o que contribuiu para a sua deterioração.

3.2 A disciplina optativa: objetivos e resultados

A disciplina IAU 0693: “Parâmetros para Projeto de Habitação em Madeira”, ministrada pela Profa. Dra. Akemi Ino, teve como objetivo exercitar a prática de projeto em madeira com os alunos da graduação através do desenvolvimento de projeto de painéis de revestimento externo em madeira para a substituição do revestimento externo da Unidade 002, em equipes compostas por três alunos. Seguiu as seguintes etapas: 1) aulas teóricas e expositivas para a definição de base conceitual comum e compartilhamento de dados e materiais disponíveis; 2) levantamento técnico da edificação e seu entorno para o diagnóstico das condições da edificação, e a coleta de dados para o projeto; 3) desenvolvimento de projeto executivo para sistema de vedação e revestimento; 4) produção de protótipo do painel; 5) revisão e finalização de detalhamento construtivo e projeto de produção.

As principais patologias identificadas na etapa de diagnóstico foram: 1) apodrecimento do revestimento nas regiões próximas ao chão ou na região da pingadeira intermediária, denunciando presença de umidade e acúmulo de água; 2) existência de insetos xilófagos nestas mesmas regiões, causada pelo mesmo motivo; 3) desprendimento e encurvamento das peças mata-junta devido à deterioração dos pontos de fixação dos pregos, onde houve retenção de umidade e perda de aderência por ação de inchamento e retração da madeira. A Figura 1 ilustra a etapa de execução do revestimento externo, a situação atual da edificação e algumas das patologias identificadas.



Figura 1: À esquerda: Unidade 002 na etapa de execução do revestimento; Centro: Unidade 002 hoje; Direita: Atual situação do revestimento.

Fonte: Arquivo Habis (1998); Angel Castañeda (2017).

Tendo em vista estes problemas, que foram relacionados ao não cumprimento das recomendações básicas para projeto em madeira, estabeleceram-se os seguintes parâmetros para o desenvolvimento dos projetos: pensar o desenho dos elementos construtivos a fim de evitar acúmulo de água ou permitir a sua rápida drenagem; promover a ventilação permanente das peças através do seu arranjo; proteger as extremidades da madeira (topos) e afastá-los do chão e/ou de locais de umidade; trabalhar com painéis modulares leves de pequena dimensão (1,00 x 0,80 m), pré-fabricados, para facilitar o processo de montagem do sistema de revestimento, sua manutenção ou substituição; utilizar madeira de plantios florestais provenientes de descarte de processos industriais e reaproveitamento do material da própria edificação, considerando sua máxima utilização (TAVARES, INO, 2017).

Os painéis modulares desenvolvidos pelos alunos seguiram o seguinte arranjo: a) quadro estruturante, responsável pela sua estabilidade dimensional; b) régua de revestimento (lâminas) que garantem a proteção da parede contra insolação e umidade; e c) sistema de fixação. A fixação dos painéis é realizada em sarrafos já existentes na edificação (Figura 2). Cada projeto adotou distintas soluções plásticas e construtivas que são descritas no Quadro 2.

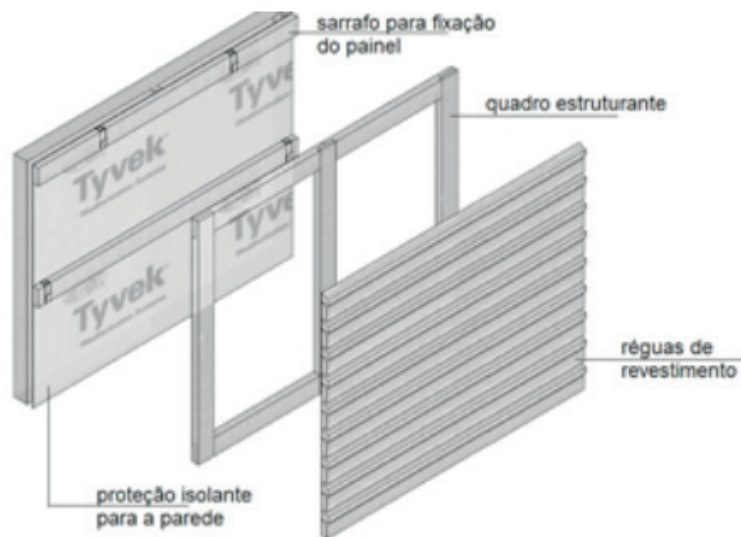


Figura 2: Partes dos painéis

Fonte: Proposta de Ayrton Diniz, Gabriele Trombeta, Masae Kassahara – Painel C (2017).

Os produtos apresentados foram: a) caderno de projeto contendo plantas da edificação (térreo, primeiro pavimento e cobertura) e planta de locação, cortes, fachadas, modelo do painel, detalhamento das peças e componentes, detalhamento construtivo, lista de materiais, romaneio da madeira, listagem de ferramentas e equipamentos necessários para a execução; e b) protótipo em escala real do painel-tipo.

3.3 Metodologia

A metodologia utilizada para a avaliação dos projetos de painéis desenvolvidos na disciplina foi pautada em critérios técnicos de detalhamento construtivo para durabilidade. Tais critérios foram elaborados a partir da revisão bibliográfica, conforme apresentado nos subcapítulos 2.2 e 2.3, e são apresentados a seguir enquanto um dos resultados deste trabalho.

4 | RESULTADOS


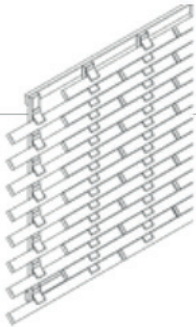
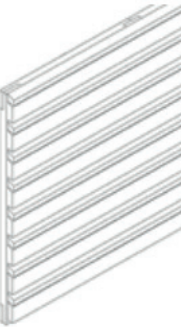
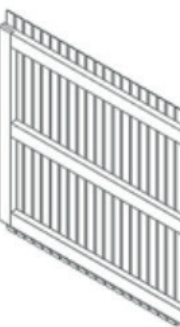
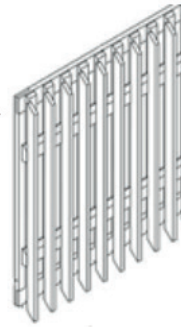
4.1. Critérios técnicos de avaliação para a durabilidade dos painéis

Como resultado deste artigo foram elencados oito critérios técnicos considerados mais críticos para análise dos projetos dos painéis, relacionados ao Quadro 1 (Q1), que devem ser observados para promover maior desempenho quanto à sua durabilidade:

- 1. Geometria das régua:** garantir ângulos que propiciem escoamento rápido das águas; em régua horizontais com juntas abertas e extremidades de régua verticais, as arestas devem ser cortadas com um ângulo de 15°, no

mínimo, (Quadro 1 - DET 3);

2. **Espaçamento entre as réguas no painel:** garantir distância mínima de 1 cm, permitindo ventilação permanente (Quadro 1 - DET 2 e DET 3);
3. **Espaçamento entre painel e parede:** garantir a ventilação permanente entre as réguas de revestimento com a superfície da parede (Quadro 1 - DET 1);
4. **Distanciamento do painel de revestimento ao chão:** garantir distância mínima de 30 cm (Quadro 1 - DET 8);
5. **Sistema de fixação das réguas de revestimento:** evitar a exposição de pregos e parafusos na face aparente do painel, a fim de prevenir o acúmulo de água;
6. **Interface entre painéis:** garantir afastamento mínimo de 1 cm, permitindo escoamento rápido das águas e a ventilação permanente das extremidades (Quadro 1 - DET 2);
7. **Junta de canto entre painéis:** garantir distância mínima de 1 cm para réguas horizontais, permitindo escoamento rápido das águas (Quadro 1 - DET 6); para réguas verticais pode-se abdicar do espaçamento (Quadro 1 - DET 7);
8. **Proteção das extremidades e saliências:** prover rufos e pingadeiras nas interfaces entre pavimentos (Quadro 1, DET 5) e com o telhado (Quadro 1 - DET 10).

	PAINEL A	PAINEL B	PAINEL C	PAINEL D	PAINEL E
CRITÉRIO					
1	Réguas de 1,5x3cm, horizontais, seção paralelograma	Réguas de 1,5x5,5cm, horizontais, seção retangular, fixadas à 45°	Réguas de 2x5,5cm e 2,5x3cm, horizontais, seção trapezoidal	Réguas de 1,5x3cm, verticais, com topos em ângulo, seção retangular	Réguas de 1,5x3cm, verticais, com topos em ângulo, seções diversas
2	10mm	35mm	6mm	7mm	13,6mm
3	Distante 2,5cm da parede, sem permitir circulação de ar	Distante 5cm da parede, permitindo circulação de ar	Distante 2,5cm da parede, sem permitir circulação de ar	Distante 2,5cm da parede, sem permitir circulação de ar	Distante 2,5cm da parede, sem permitir circulação de ar
4	Não especificado	Não especificado	30cm, com vala de pedrisco	30cm, com vala de pedrisco	Não especificado

5	Fixados pela frente do painel	Fixados pela frente do painel	Fixados por trás do painel	Fixados pela frente do painel	Fixados por trás do painel
6	Quadros e régua encostados, sem espaçamento	Quadros encostados sem espaçamento, e régua separadas em 35mm	Quadros encostados sem espaçamento, e régua separadas sem medida	Quadros separados em 60mm, e régua separadas em 7mm	Quadros encostados sem espaçamento, e régua separadas em 13,6mm
7	Quadros e régua afastados, mantendo distância para a ventilação do sistema	Quadros e régua afastados, mantendo distância para a ventilação do sistema	Quadros e régua afastados, mantendo distância para a ventilação do sistema	Peça específica de canto, mantém quadros encostados e régua separadas em 7mm	Quadro encostado e régua separadas em 13,6mm
8	Pingadeira metálica entre os pavimentos, sem rufo de acabamento superior na platibanda	Sem pingadeira intermediária, rufo de acabamento superior na platibanda	Sem pingadeira intermediária, rufo de acabamento superior na platibanda	Sem pingadeira intermediária, rufo de acabamento superior na platibanda	Sem pingadeira intermediária, rufo de acabamento superior na platibanda

Quadro 2: Caracterização dos painéis modulares de revestimento

Fonte: Aprilanti, Tavares e Ino (2018).

4.2 Avaliação dos painéis de revestimento

Com base nos oito critérios técnicos elencados, os cinco painéis modulares foram analisados considerando as especificações, os detalhamentos executivos e os protótipos (escala 1:1) dos respectivos painéis caracterizados no Quadro 2. Na avaliação, os painéis receberam em cada critério uma classificação: Atende – **A**; Atende Parcialmente – **AP**; e Não Atende – **NA**. No Quadro 3 é apresentada a síntese desta avaliação, resultando na somatória de níveis atribuídos a cada painel.

CRITÉRIOS	Painel A	Painel B	Painel C	Painel D	Painel E
1. Geometria das régua	A	A	A	A	A
2. Espaçamento entre as régua no painel	A	A	NA	NA	A
3. Espaçamento entre painel e parede	NA	A	NA	NA	NA
4. Distanciamento do revestimento do chão	NA	NA	A	A	NA
5. Posição dos parafusos	NA	NA	A	NA	A
6. Interface entre painéis (encontro)	NA	NA	NA	NA	NA
7. Junta de canto entre painéis	A	A	A	AP	AP
8. Proteção de topos	NA	A	A	A	A
TOTAIS					
Atende	3	5	5	3	4
Atende Parcialmente	0	0	0	1	1
Não Atende	5	3	3	4	3

Quadro 3 – Síntese da avaliação comparativa dos projetos de painéis a partir dos critérios técnicos de detalhamento

Fonte: Aprilanti, Tavares e Ino (2018).

Entre as soluções propostas, os Painéis B e C são aqueles que melhor atendem aos critérios de durabilidade considerados nesta análise. No entanto, os critérios técnicos elencados não são suficientes para responder a todas as condições necessárias ao bom desempenho da edificação de uma maneira global. Por exemplo, o Painel B não garante a adequada proteção da parede ao deixá-la desprotegida em função do espaçamento excessivo entre as régua. A avaliação necessita ser complementada com outras variáveis como: proteção efetiva da parede, resultado estético, peso, facilidade de fixação, procedimentos de execução, entre outros aspectos não menos importantes para a eleição da melhor solução construtiva entre os cinco painéis analisados.

De qualquer maneira, os critérios técnicos não atendidos indicam pontos frágeis das propostas e devem realimentar o processo de revisão do projeto. No geral, observa-se que os principais problemas encontrados nos projetos propostos dizem respeito ao correto espaçamento entre a parede e as régua de revestimento, resultante do posicionamento dos sarrafos de fixação já existentes na edificação, e na interface entre os painéis, de modo que promovam com eficiência a circulação de ar. Estes problemas, contudo, podem ser facilmente solucionados através da adequação de medidas e arranjos no quadro estruturante.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de critérios técnicos definidos para a avaliação e seleção das soluções projetuais que melhor atendem aos conceitos de durabilidade, objeto deste artigo, mostrou-se uma importante ferramenta de análise gerando resultados que além de servir de subsídio para o desenvolvimento do projeto executivo final, indicam recomendações para o detalhamento construtivo de painéis em madeira para revestimento de fachadas.

Outros conceitos igualmente importantes deverão ser observados para a continuidade do projeto dentre os quais: modularidade dos painéis, resistência do conjunto ao transporte e instalação, leveza e facilidade de manuseio, racionalização dos materiais e procedimentos de execução, bem como resultado estético do conjunto.

Recomenda-se finalmente, que durante a elaboração da versão final do painel todos os critérios avaliados sejam considerados no desenho, observando as demais soluções que os atendem satisfatoriamente, com o objetivo de incorporar aspectos positivos das cinco soluções projetuais.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, R. M.; HELLMEISTER, J. C. **Concepção Arquitetônica da habitação em madeira.** Boletim Técnico da EPUSP, BT/PCC/155, São Paulo, 1995.

GALINARI, A. F. **A Escolha do Sistema Construtivo:** Caracterização e Análise de Propostas para Habitação de Interesse Social em Madeira de Plantios Florestais. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

PUNHAGUI, K. R. G. **Potencial de reducción de las emisiones de CO2 y de la energía incorporada en la construcción de viviendas en Brasil mediante el incremento del uso de la madera.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona 2014.

GONZAGA, A. L. **Madeira:** uso e conservação. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006.

GRAÍÑO, J. M. B. De la madera y sobre la evolución del tablado. **Tectónica** – Madera (I) revestimientos, v. 11, p. 14-27, Madrid, 1995.

HERZOG, T. et al. **Construire en bois.** 3. ed. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2007.

HILDEBRANDT, J.; HAGEMANN, N.; THRÄN, D. The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. **Sustainable Cities and Society** 34, 2017, pp.405-418. Doi: 10.1016/j.scs.2017.06.013.

HOWE, J. **Building with Wood:** Proactive Climate Protection. Dovetail Partners, Inc., 2015. Disponível em: <http://www.dovetailinc.org/reports/Building+with+Wood+Proactive+Climate+Protection_n656?prefix=%2Freports>. Acesso em: 03 mar. 2017.

INO, A. Princípios básicos para garantir a durabilidade de uma edificação em madeira. **Workshop Durabilidade das Construções**, São Leopoldo, 1997.

KOLB, J. **Systems in timber engineering.** Germany: Birkhauser, 2008.

KUITTINEN, M.; LUDVIG, A.; WEISS, G. (ed.). **Wood in Carbon Efficient Construction:** tools, methods and applications. Belgium: CEI-Bois, 2013.

LEHMANN, S. Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions. **Sustainable Cities and Society**. 6, 2013, 57 – 67. Doi: 10.1016/j.scs.2012.08.004.

SCHOBER, K. P. et al. **Fassaden Aus Holz.** Wien: proHolz Austria – Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft zur Förderung der Anwendung von Holz, 2014.

TAVARES, S. F.; INO, A. Projeto e produção de painéis de revestimento vertical em madeira. Caso: Unidade 002, São Carlos – SP. *In:* WORKSHOP DE TECNOLOGIAS DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS TECSIC, 2017, Campinas. **Anais [...].** Campinas: Unicamp, 2017. Doi: 10.17648/tecsic-2017-72120.

SOBRE A ORGANIZADORA

Franciele Braga Machado Tullio - Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 178, 181
Aproveitamento de costaneira 81
Argamassa de revestimento 35, 36, 42, 44, 45
Argila montmorilonítica 167, 168

C

Carga normal 68, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 79
Cisalhamento 21, 23, 24, 27, 31, 32, 33, 34, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 203, 217
CLT 97, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157
Coeficiente de atrito 68, 71, 73, 74, 79
Comparação 7, 13, 14, 23, 40, 56, 57, 58, 61, 63, 73, 75, 77, 78, 79, 86, 133, 135, 140, 145, 206, 209, 244, 245, 247
Compartimentação horizontal 108, 110, 111, 118
Compressão 24, 25, 28, 29, 33, 48, 114, 115, 135, 137, 145, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 164, 165, 166, 201
Concreto 21, 22, 23, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 37, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 61, 97, 117, 118, 123, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 190
Concreto armado 21, 22, 23, 33, 34, 37, 123, 148, 156, 157
Conforto acústico 45
Conforto térmico 45, 47, 50, 53, 122
Construção civil 12, 18, 22, 23, 36, 44, 45, 49, 50, 51, 52, 55, 56, 57, 59, 65, 96, 97, 98, 108, 110, 128, 132, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 156, 187
Construções leves 55, 56, 60, 61, 65, 66
Corrosão 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 23, 112, 113, 181, 195
Corymbia citriodora 81, 82, 83, 84, 85, 92, 93
Cura 15, 22, 35, 43, 44, 145, 152, 156

D

Densidade 5, 10, 12, 13, 15, 16, 18, 47, 51, 63, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 145, 149, 150, 151, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 165, 166, 187, 190, 191, 207
Descolamento 31, 32, 33, 38, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132
Desgaste deslizante 68, 76
Detalhe construtivo 94
Durabilidade 36, 50, 56, 57, 64, 94, 96, 97, 98, 99, 103, 106, 107, 115, 122
Dureza Janka 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166

E

Eletroquímica 1, 2, 196, 197
Ensaio de caracterização 35, 39, 40, 42

Escória 35, 41, 43, 44, 188

Eucalipto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 55, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 82, 93, 101, 136, 144, 148, 158, 159, 160, 161

F

Fachadas de edifícios 121, 123, 132

Fachadas em madeira 94, 95, 96, 100

Fiação por sopro em solução 167, 168, 169, 170, 171, 176

Flexão 10, 13, 17, 21, 24, 31, 32, 114, 135, 136, 137, 141, 142, 143, 158, 159, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 201

Forças de corte 178, 179, 180, 181, 183

Forno didático 185, 191, 192

M

Madeira 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 24, 52, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 81, 82, 83, 84, 85, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 106, 107, 119, 129, 133, 134, 135, 139, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166

Manifestação patológica 35

Materiais alternativos 19, 45, 47

Materiais compósitos de PRFC 21

Metal 1, 2, 5, 6, 178, 180, 181, 182, 206, 207, 210, 212, 213, 214, 215, 229

Microfresamento 178, 180, 181, 183

Microusinagem 178, 179, 180, 181

N

Nanofibras de sílica 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177

P

Painéis de madeira 11, 18, 19, 20, 81, 83, 97, 157

Parede corta-fogo 108, 119

Patologia 121, 123

Pinus 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 101, 143, 144, 145, 151

Poliamida 66 167, 168, 170, 173, 174, 175

Prática acadêmica 185

Processo de fundição 185

Projeto de revestimento 121

Proteção contra incêndio 108

R

Reforço estrutural 21, 22, 25

Resíduo de madeira 81, 92

Revestimento cerâmico 121, 122, 126, 128, 130, 132

Revestimento em madeira 94

S

Sistema construtivo em placas de silicato de cálcio 108

Solo 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 65, 100, 134, 231

T

Tecnologia de vedações verticais leves 108

Tubulação 1

V

Vermiculita 45, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Vigas 21, 22, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 114, 123

W

Wood frame 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

