

# 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<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof<sup>a</sup> 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](http://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

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

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

Data de aceite: 25/11/2019

### Aliane Cardoso de Almeida

UNESP (Universidade Estadual do Estado de São Paulo),  
Itapeva – São Paulo

### Rafaele Almeida Munis

UNESP (Universidade Estadual do Estado de São Paulo),  
Botucatu – São Paulo

### Jessé Salles Lara

FAIT (Faculdade de Itapeva),  
Itapeva – São Paulo

**RESUMO:** O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise comparativa entre o CLT - *Cross Laminated Timber* e o concreto, a partir de teste mecânico de compressão paralela às fibras e teste físico de densidade em ambos os materiais. Para tal, foram confeccionados 24 corpos de prova de CLT utilizando madeira de *Pinus ssp*, em função de no Brasil não existir uma norma de caracterização física e mecânica da madeira de CLT, o trabalho foi baseado segundo a NBR-7190/1997 que trata de estruturas de madeira. Para os ensaios do concreto, foram utilizados 20 corpos de prova e tanto a preparação quanto os ensaios foram baseados nas normas NBR-5738/2003 e NBR-5739/2003 que tratam respectivamente do

procedimento de moldagem e cura dos corpos de prova e ensaio de compressão paralela às fibras de corpo de prova cilíndrico. A partir dos ensaios realizados foi verificado que para a análise de compressão paralela às fibras houve uma diferença significativa entre o concreto e o CLT, sendo que a média apresentada pelo concreto foi de 33,31 MPa e de 19,83 MPa pelo CLT. Essa diferença também se apresentou após a análise de densidade, onde o CLT obteve um resultado inferior em comparação ao concreto, sendo que a média apresentada pelo CLT foi de 455,45 kg/m<sup>3</sup> e pelo concreto foi de 572,91 kg/m<sup>3</sup>.

**PALAVRAS-CHAVE:** CLT, concreto, construção civil, comparação.

### CROSS LAMINATED TIMBER VS CONCRETE: MECHANICAL RESISTANCE TO PARALLEL COMPRESSION TO FIBERS AND DENSITY

**ABSTRACT:** The present work aims to perform a comparative analysis between the CLT - *Cross Laminated Timber* and the concrete, from mechanical compression test and physical density test in both materials. To that end, 24 test specimens of CLT were made using *Pinus ssp* wood, because in Brazil there is no standard for the physical and mechanical characterization of CLT wood, the work was based on the NBR-

7190/1997 that deals with timber structures. For the concrete tests, 20 specimens were used and both the preparation and the tests were based on standards NBR-5738/2003 and NBR-5739/2003 which deal respectively with the procedure of molding and curing of specimens and test of compression of cylindrical specimen. From the tests performed it was verified that for the compression analysis there was a significant difference between the concrete and the CLT, and the average presented by the concrete was of 33.31 MPa and of 19.83 MPa by the CLT. This difference also occurred after the density analysis, where the CLT obtained a lower result in comparison to the concrete, with the average presented by the CLT was 455.45 kg / m<sup>3</sup> and the concrete was 572.91 kg / m<sup>3</sup>. **KEYWORDS:** CLT, concrete, civil construction, comparison.

## 1 | INTRODUÇÃO

O uso da madeira na construção civil tanto em âmbito nacional e internacional vem crescendo, graças as suas características como resistência, boa trabalhabilidade, estética e principalmente por tornar as construções mais limpas e sustentáveis, reduzindo entulhos e resíduos que são um grande problema ao setor.

Para o uso na construção civil, pode-se destacar as madeiras chamadas “engenheiradas”, que recebem esse nome em função de serem fruto de processos industriais para a otimização do seu uso na construção. Entre elas, o CLT, cross laminated timber ou madeira laminada cruzada (Figura 1), que basicamente é a constituição de camadas de lâminas coladas cruzadas. O CLT é fabricado em painéis e muito utilizado em paredes, forros e pisos na construção civil. Cada painel é formado de no mínimo três lâminas coladas e cruzadas entre si.



Figura 1: Amostra de CLT.

Fonte: Autor (2016)

Uma das grandes vantagens desse tipo de tecnologia é que o CLT pode ser fabricado com todas as classes de qualidade da madeira, ou seja, há melhor aproveitamento. Estudando mais a fundo suas vantagens e aplicações, pode-se observar que a madeira é o símbolo da sociedade moderna. Em função disso é

de suma importância o estudo aprofundado de suas tecnologias visando buscar melhores técnicas sustentáveis, econômicas e sociais.

Por outro lado, pode-se destacar o uso do concreto na construção civil, que é o método mais utilizado atualmente no Brasil. O concreto (Figura 2) apresenta-se como um material de alta resistência a compressão paralela às fibras, e também não exige mão de obra especializada, porém na questão sustentável deixa a desejar por consumir uma quantidade relativamente alta de energia em seu processo de fabricação.



Figura 2: Amostra de concreto.

Fonte: Autor (2016)

## 2 | REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CLT (Cross Laminated Timber)

A madeira lamelada colada cruzada é um material que nasceu em Zurique, Suíça, em 1990, mas foi desenvolvido posteriormente na Áustria através da cooperação entre a indústria e a universidade. Uma das empresas pioneiras no fabrico de CLT foi a empresa austríaca, KLH, fundada por Heimo de Monte e Wolfgang Weirer, em 1998 (Da costa, 2013)

Segundo Da Costa (2013) o CLT é baseado no mesmo conceito de colagem de várias camadas de tábuas (lamelas) de madeira utilizado na produção de madeira lamelada colada (MLC), mas que, no caso do CLT, cola camadas sucessivas com tábuas dispostas ortogonalmente (Figura 3).

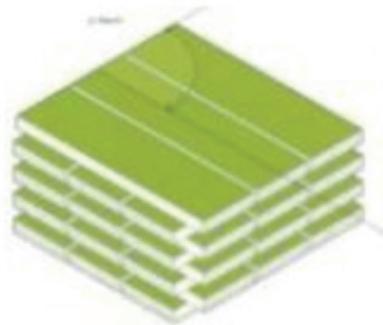


Figura 3: Disposição das lamelas

Fonte: Da Costa (2013)

Como as laminas são coladas com as fibras intercaladas, as características mecânicas deste material ficam homogeneizadas. O painel tem normalmente 3 a 7 camadas, tendo como regra que as camadas devem ser em número ímpar (Cunha et al., 2012).

Pereira (2014) O CLT (Cross Laminated Timber) é utilizado como elemento estrutural principal em edificações térreas e multi pavimentos por ter características estruturais semelhantes ao concreto armado.

### *2.1.2 Processo de fabricação do CLT*

Conforme Da Costa (2013) o processo de Fabricação do painel de CLT pode ser resumido nas seguintes etapas:

Matéria Prima: Na produção de painéis, são aceites diferentes tipos de madeira, desde que as suas características respeitem os limites normativos exigidos para as características mecânicas. Os tipos de madeira aceitáveis para a produção de painéis são: pinho, eucalipto, abeto e choupo.

Classificação: A madeira para produção de um painel é escolhida de acordo com a exigência e papel que desempenhará no edifício, isto é, a qualidade da madeira é definida pela sua posição e exposição nos elementos da superestrutura, apresentando diferentes “qualidades de superfície”

Colagem: Após a colocação de várias placas de madeira, lado a lado e orientadas numa mesma direção, procede-se à colagem dessas com uma nova camada de placas semelhantes, suprajacente e com orientação perpendicular à da camada subjacente.

Prensagem: Após o processo de colagem dos painéis, estes são prensados a uma pressão de  $6\text{MN/m}^2$ , fazendo com que as várias camadas fiquem rigorosamente coladas, formando um painel maciço monolítico.

Corte: Quando os painéis são encomendados como pré-fabricação, os painéis passam CNC, sendo possível “rasgar” rigorosamente os elementos, conforme as

indicações de projeto, e diminuir os resíduos em obra, sendo estes imediatamente encaminhados em fábrica para possíveis reutilizações.

### 2.1.3 Aplicações do CLT

Segundo ReThink Wood (2015) Por causa das propriedades estruturais e estabilidade dimensional da CLT, este produto de madeira maciça é bem adequado para pisos, paredes e telhados utilizados na construção de altura média. Os painéis de parede e piso pode ser deixado exposto no interior que fornece atributos estéticos adicionais. Os painéis são usados como componentes de construção pré-fabricados que podem acelerar as práticas de construção ou permitem a construção fora do local (figura 4).



Figura 4: Aplicação de CLT

Fonte: Crosslam

## 2.2 Importância da relação entre densidade e compressão paralela às fibras

Segundo Calil Júnior *et al.* (1998), quanto maior a densidade, maior é a quantidade de madeira por volume e como consequência a resistência também aumenta.

Segundo Dias e Lahr (2004, p. 103) “a densidade é a propriedade física mais significativa para caracterizar madeiras destinadas à construção civil, à fabricação de chapas ou à utilização na indústria de móveis” (apud HELLMEISTER, 1982).

## 2.3 Concreto

Segundo Shehata (2005) O concreto se apresenta como uma rocha artificial formada por uma mistura de agregados graúdos, miúdo e material ligante, podendo ter ainda aditivos químicos e minerais. Os agregados são normalmente classificados por origem, tamanho, forma e textura. O material aglomerante normalmente usado no concreto estrutural é o Cimento Portland misturado com água potável. Esta mistura

inicia uma reação química cujo resultado é a formação do "Gel", o principal agente ligante.

O concreto é um material de construção resultante da mistura, em quantidades racionais, de aglomerante (cimento), agregados (pedra e areia) e água. Logo após a mistura o concreto deve possuir plasticidade suficiente para as operações de manuseio, transporte e lançamento em formas, adquirindo coesão e resistência com o passar do tempo, devido às reações que se processam entre aglomerante e água. Em alguns casos são adicionados aditivos que modificam suas características físicas e químicas (Almeida, 2002).

Caracteriza-se o concreto como uma mistura de pedra, areia, cimento e água, que face a hidratação do cimento, perde sua característica moldável durante a mistura e ganha forma definitiva e resistente com o passar do tempo (Botelho e Marchetti, 2013).

### *2.3.1 Aplicações do concreto*

Pode-se dizer que o concreto é o material mais utilizado e conhecido na construção civil em todo o mundo. Com o passar dos anos o concreto tem passado por várias transformações tecnológicas na sua composição, a fim de aumentar sua aplicabilidade em função da sua alta resistência e menor deformação em obras de construção civil. A figuras 5 mostra algumas aplicações do concreto.



Figura 5: Aplicação de concreto

Fonte: Incopre (2015)

## **3 | MATERIAIS E MÉTODOS**

Os corpos de prova de CLT foram elaborados segundo a NBR 7190/1997 e a literatura, e os corpos de prova de concreto em formato cilíndrico foram elaborados segundo a NBR 5738/2003. Os ensaios de densidade e compressão paralela às fibras paralela para o CLT foram realizados segundo a NBR 7190/97 que trata de estruturas de madeira. O ensaio de compressão paralela às fibras para o concreto

foi realizado segundo a NBR 5739/2007.

Materiais necessários para os ensaios e para a preparação dos corpos de prova:

- 24 Corpos de Prova de CLT (12 para o teste de densidade e 12 para o teste de compressão paralela às fibras)
- 20 Corpos de Prova de concreto (10 para o teste de densidade e 10 para o teste de= compressão paralela às fibras)
- Plaina de bancada (Gamma)
- Prensa Hidráulica (HidraIMac)
- Balança analítica (Onaus)
- Paquímetro (Mytutoio)
- Máquina Universal de ensaio (EMIC)
- Máquina de ensaio Hidráulica

### 3.1 Corpos de prova de CLT

Para a elaboração dos corpos de prova, foram obtidas tábuas de madeira serrada de reflorestamento, especificamente, *Pinus spp*, madeira comercializada na cidade de Itapeva SP, sendo ela seca em estufa a 12% de umidade. Com o intuito de eliminar partículas na superfície das peças para facilitar a abertura dos poros da madeira e conseqüentemente melhor penetração do adesivo, os corpos de prova passaram por um processo de aplainamento, utilizando uma plaina de bancada.

A montagem do painel é realizada de forma a se colocar camadas de lamelas (tábuas) de madeira inicialmente em uma posição e a segunda camada perpendicularmente a primeira, e a terceira perpendicularmente a segunda, nesse caso os painéis foram montados com uma seqüência de três lamelas (figura 6), entre as lamelas foram acrescentados a resina poliuretana a base de mamona com pincel por toda superfície das lamelas.

Após a montagem do painel o mesmo foi colocado na prensa hidráulica a quente, realizando uma prensagem inicial a (+/-160°C) por aproximadamente 180 s, uma degasagem (liberação de pressão) por 30 s, uma segunda prensagem por mais 180 s e então mais uma degasagem de 30 s, e por fim uma última prensagem de 180s, após a prensagem o painel deve passar por um processo de climatização a aproximadamente 22°C.



Figura 6: Corpos de prova de CLT

Fonte: Autor (2016)

### 3.2 Corpos de prova de concreto

Os corpos de prova de concreto para ensaio de compressão paralela às fibras foram doados pela ETEC Dr. Demétrio Azevedo Junior de Itapeva-SP e foram elaborados segundo a NBR 5738/2003 que especifica o procedimento para moldagem e cura de corpos de prova de concreto.

A dimensão básica do corpo de prova deve ser no mínimo quatro vezes maior que a dimensão máxima do agregado graúdo do concreto (pedra). Os corpos de prova para esse estudo foram em formato cilíndrico com altura igual ao dobro do diâmetro (20x10 cm) (Figura 7).

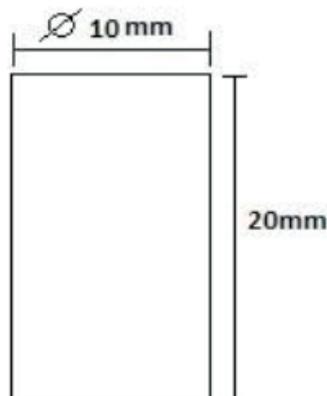


Figura 7: Medidas dos corpos de prova de concreto

Fonte: Autor (2016)

Os corpos de prova são compostos por cimento CP II E com fck 25 Mpa, areia e pedra, com traço não especificado. Essa mistura foi colocada em moldes de tamanho específicos revestidos internamente com uma camada fina de óleo mineral para facilitar a retirada do CP depois da cura (Figura 8). A massa de concreto passa pelo processo de vibração, para melhor adensamento. Após 24 horas o concreto pode ser retirado dos moldes. Os CP's devem ser capeados para que a força de ensaio seja

distribuída de forma regular entre os corpos de prova, por fim os CP's devem ser identificados e armazenados.



Figura 8: Corpo de prova de concreto

Fonte: Autor (2016)

### 3.3 Densidade do CLT

As densidades dos corpos de prova de CLT foram obtidas com base na NBR 7190/97, a análise foi baseada na densidade aparente do material, que é definida pela razão entre a massa dos corpos de prova secos (a aproximadamente 12%) e o volume do material seco (12%), sendo. Os corpos de prova de tamanho 5x5x15 cm foram pesados através de uma balança analítica, com exatidão de 0,01g e o volume analisado com auxílio de um paquímetro com exatidão de 0,1mm.

### 3.4 Densidades do concreto

A densidade do concreto foi obtida pela relação entre a massa e o volume dos corpos de prova, utilizando um paquímetro de resolução 0,1 mm foram medidos os corpos de prova e calculados suas respectivas áreas e volumes. Os corpos de prova foram identificados e pesados com o auxílio de uma balança analítica.

### 3.5 Ensaio de compressão paralela às fibras do CLT

O ensaio foi realizado segundo a NBR 7190/97, por definição a resistência a compressão paralela às fibras é dada pela máxima tensão aplicada no corpo de prova e a área onde se aplica essa tensão. Os números de corpos de prova foram de 12 para ensaio. Os corpos de prova foram elaborados em forma prismática com lados de 5x5 cm e comprimento de 15cm.

Com o auxílio da máquina universal de ensaio (EMIC) foram rompidos e analisados segundo a força máxima de atuação em cada um deles (Figura 9).



Figura 9: Ensaio de compressão paralela às fibras

Fonte: Autor (2016)

### 3.6 Ensaio de compressão paralela às fibras do concreto

Os corpos de prova foram ensaiados no laboratório do curso técnico de edificações da ETEC Dr. Demétrio Azevedo Júnior. Os corpos de prova foram ensaiados segundo a NBR 5739/2007. A máquina utilizada nesse ensaio é hidráulica (Figura 10), composta por dois pratos, sendo um deles com mobilidade hidráulica, com aplicação de uma carga inicial para acomodação dos corpos de prova e então aplicação da carga até o rompimento do corpo de prova, a força máxima de ruptura é dada pelo painel eletrônico que a máquina possui. Com a relação entre a força máxima aplicada para ruptura e a área dos corpos de prova, é possível calcular o valor da tensão aplicado.



Figura 10: Máquina hidráulica de ensaio em corpos de prova de concreto

Fonte: Autor (2016)

## 4 | RESULTADOS PARCIAIS/FINAIS

### 4.1 Densidade

Apartir dos dados obtidos para ensaio de densidade, verificou-se que a densidade média do CLT é de  $455,45 \text{ kg/m}^3$ , sendo menor que a do concreto que é de  $572,91 \text{ kg/m}^3$ . Pôde-se observar também que o desvio padrão do CLT foi consideravelmente maior que o do concreto:  $29,81 \text{ kg/m}^3$  e  $9,73 \text{ kg/m}^3$ , respectivamente. A figura 11 nos mostra os valores obtidos para cada corpo de prova ensaiado.

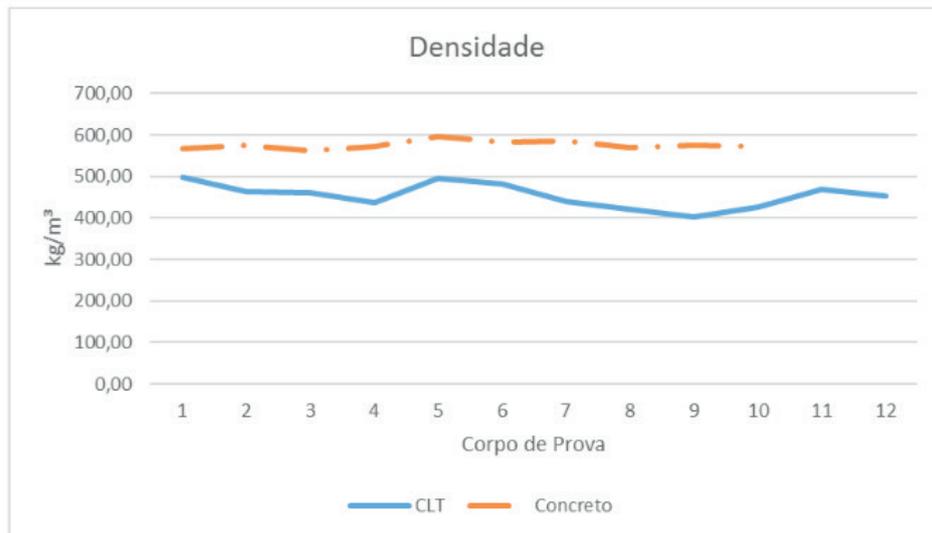


Figura 11: Valores de densidade do CLT e do concreto.

Fonte: Autor (2016)

### 4.2 Compressão paralela às fibras

A partir dos dados obtidos pelo o ensaio de compressão paralela às fibras, verificou-se que a tensão de compressão paralela às fibras média do CLT é de  $19,83 \text{ MPa}$ , sendo menor que a do concreto que é de  $33,31 \text{ MPa}$ . Porém, o desvio padrão do CLT é menor que o do concreto:  $1,64 \text{ MPa}$  e  $5,87 \text{ MPa}$ , respectivamente. A figura 12 nos mostra a variação entre os valores encontrados para cada material.

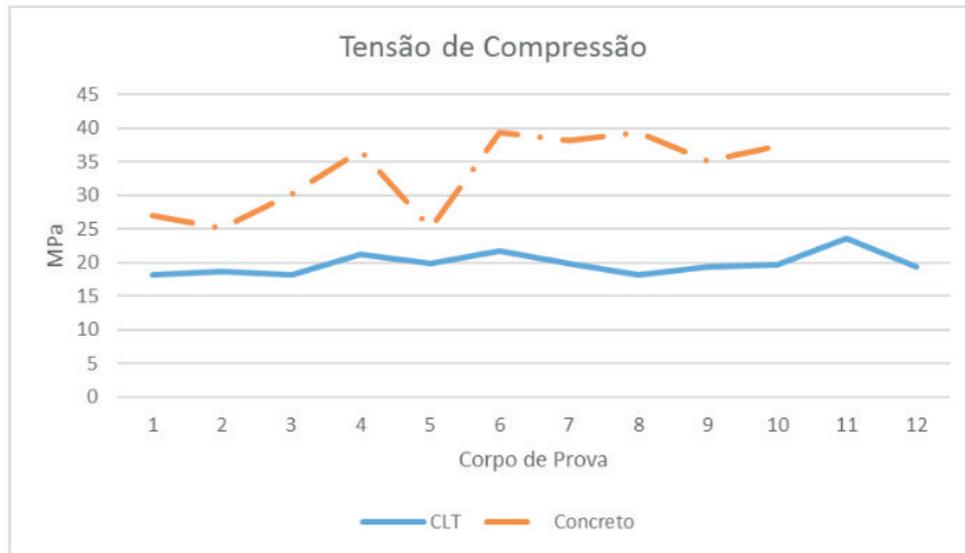


Figura 12: Valores de tensão de compressão paralela às fibras do CLT e do concreto.

Fonte: Autor (2016)

## 5 | CONSIDERAÇÕES PARCIAIS/FINAIS

Diante do exposto, conclui-se que:

- Em relação a densidade, percebe-se que o concreto é mais denso que o CLT, os quais apresentaram os valores de 572,91 kg/m<sup>3</sup> e 455,45 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente;
- Em relação a compressão paralela às fibras, percebe-se que o concreto é mais resistente que o CLT, os quais apresentaram os valores de 33,31 MPa e 19,83 MPa, respectivamente;
- Embora o CLT tenha apresentado valor inferior ao concreto, deve-se evidenciar que o CLT demonstra uma nova tecnologia para a construção civil de forma sustentável, e contribui a uma construção mais limpa, ou seja, com menor geração de resíduos. Portanto, propõe-se novos estudos em relação ao CLT como uma alternativa para a construção civil no Brasil;

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. Concreto. Estruturas IV– Concreto armado. **Faculdade de Engenharia Civil**. Departamento de Estruturas, Universidade Estadual de Campinas, agosto 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** – Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 9p, 2003/ Emd. 1:2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739** – Concreto- Ensaio de compressão paralela às fibras de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 9p. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190** – Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 107p, 1997.

BOTELHO, M. H. C; MARCHETTI, O. **Concreto Armado**, Eu Te Amo. 7ª Edição, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 526p, 2013.

CALIL JÚNIOR, C; et al. SET 406 - ESTRUTURAS DE MADEIRA. **NOTAS DE AULA**. SÃO CARLOS, 107p, 1998.

CUNHA, J; et al. Ligações estruturais de madeira laminada colada cruzada (CLT) utilizando parafusos auto perfurantes. **XXXV Jornadas Sulamericanas de Engenharia Estrutural**, 2012.

DA COSTA, A. A. P. **Construção de edifícios com Cross Laminated Timber (CLT)**. 2013.

DIAS, F. M; LAHR, F. A. R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. **Scientia Forestalis**, v. 65, n. 2, p. 102-113, 2004.

INCOPRE; **6 PRINCIPAIS TIPOS DE CONCRETO UTILIZADOS EM CONSTRUÇÕES**, 2015.  
Disponível em: <<http://incopre.com.br/index.php/conhecaos-6-principais-tipos-de-concreto-utilizados-em-construcoes/>>. Acesso em: 18 Out. 2016.

PEREIRA, M. C. M. **Metodologia para estudo da caracterização estrutural de painéis de madeira laminada colada cruzada**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SHEHATA, I; ABD E. M. **Propriedades do Concreto**- Concreto. Disponível em: <<http://wwwp.coc.ufrj.br/~ibrahim/propriedade.htm>>. Acesso em: 30 set. 2016.

ReThink Wood- Cross-Laminated Timber, 2015. Disponível em: <<http://www.rethinkwood.com/tall-wood-mass-timber/products/cross-laminated-timberclt>>  
Acesso em: 13 Out. 2016.

## **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

