



*João Dallamuta  
(Organizador)*

*Estudos  
Transdisciplinares  
nas Engenharias 3*

**Atena**  
Editora

Ano 2019

João Dallamuta  
(Organizador)

# Estudos Transdisciplinares nas Engenharias

## 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Rafael Sandrini Filho  
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 Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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 Internazionele 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. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
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  
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  
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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos transdisciplinares nas engenharias 3 [recurso eletrônico] / Organizador João Dallamuta. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Transdisciplinares nas Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-682-9 DOI 10.22533/at.ed.829190710</p> <p>1. Engenharia – Pesquisa – Brasil. 2. Transdisciplinaridade. I. Dallamuta, João. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 620</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

Se o Senhor Leonardo di Ser Piero da Vinci, por uma hipótese, fosse realizar concurso público para lecionar em uma universidade brasileira, teria enorme dificuldade para se adequar às regras do certame. Ele era cientista, matemático, inventor, engenheiro, médico anatomista, escultor, desenhista, arquiteto, artista plástico pintor poeta e músico. Dificilmente iria conseguir comprovar títulos ou se adequar as exigências.

Em termos mais modernos da Vinci teria conhecimentos transdisciplinares, um conceito para conhecimento de forma plural. Disciplinas e carreiras são divisões artificiais para facilitar a organização de cursos, currículos, regulamentações profissionais e facilitar a prática do ensino. Em tempos onde isto não existia, como na Grécia antiga ou na renascença havia o conhecimento plural na qual Leonardo da Vinci talvez seja o maior expoente.

Não se sugere que todo conhecimento transdisciplinar prove de um gênio, tão pouco que a organização por áreas do conhecimento não tenha seu valor. Apenas que a boa engenharia, em função da sua crescente complexidade trás necessidades de conhecimentos e competências transdisciplinares.

Neste livro são apresentados artigos abordando problemas de fornecimento de energia, água potável, urbanismo, gestão de varejo, técnicas de projeto e fabricação, uma combinação de áreas e temas que possuem um ponto em comum; são aplicações de ciência e tecnologia que buscam soluções efetivas para problemas técnicos, como deve ser em tese a boa engenharia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DEMANDA ENERGÉTICA E PROPOSTAS DE SOLUÇÕES NO ESTADO DE RORAIMA	
Laura Vieira Maia de Sousa	
Talyta Viana Cabral	
Josiane do Socorro Aguiar de Souza de Oliveira Campos	
Luciano Gonçalves Noleto	
Maria Vitória Duarte Ferrari	
Túlio Costa de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907101</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>15</b>
ANÁLISE DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA SANTA CASA DE AREALVA: SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO E AR CONDICIONADO	
José Rodrigo de Oliveira	
Matheus Henrique Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907102</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
TRATAMENTO DA ÁGUA DE DRENAGEM PLUVIAL: UM MAL NECESSÁRIO?	
Carlos Augusto Furtado de Oliveira Novaes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907103</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE ÁGUAS URBANAS DA CIDADE DE CARAÚBAS/RN	
Larisa Janyele Cunha Miranda	
Leonete Cristina de Araújo Ferreira Medeiros Silva	
Rokátia Lorrany Nogueira Marinho	
Guilherme Lopes da Rocha	
Clélio Rodrigo Paiva Rafael	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907104</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO EM REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Alessandro de Araújo Bezerra	
Renata Shirley de Andrade Araújo	
Marco Aurélio Holanda de Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907105</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ALTERNATIVAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, SOB ASPECTOS DE RESILIÊNCIA A INUNDAÇÕES E REQUALIFICAÇÃO AMBIENTAL	
Bruna Peres Battemarco	
Lilian Marie Tenório Yamamoto	
Aline Pires Veról	
Marcelo Gomes Miguez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.8291907106</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>67</b>
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS	

TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
Eduardo José Melo Lins  
Eliana Cristina Barreto Monteiro  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
Cynthia Jordão de Oliveira Santos  
Débora Cristina Pereira Valões  
Edenia Nascimento Barros  
George da Mota Passos Neto  
Gilmar Ilário da Silva  
Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior  
Maria Angélica Veiga da Silva  
Mariana Santos de Siqueira Bentzen  
Paula Gabriele Vieira Pedrosa

**DOI 10.22533/at.ed.8291907107**

**CAPÍTULO 8 ..... 80**

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DE PÓS NANOMÉTRICOS OBTIDOS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXÍVIA ÁCIDA PARA APLICAÇÃO EM FOTOCATÁLISE

Lucca Monteiro Silva Semensato  
Luis Fernando Baldo Estorari  
Maisa Helena Mancini  
Veridiana Magalhães Costa Moreira  
Ana Gabriela Storion  
Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone  
Tânia Regina Giraldi  
Sylma Carvalho Maestrelli

**DOI 10.22533/at.ed.8291907108**

**CAPÍTULO 9 ..... 93**

CONTRIBUIÇÕES DA ANÁLISE DE REDES SOCIAIS A UM CLUSTER COMERCIAL PLANEJADO DE VAREJO DE AUTOMÓVEIS

Marco Aurélio Sanches Fittipaldi  
Denis Donaire

**DOI 10.22533/at.ed.8291907109**

**CAPÍTULO 10 ..... 106**

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA MESA DE VARREDURA XY E APRIMORAMENTO DO SISTEMA FOCAL DE UM APARELHO DE LITOGRAFIA

Raul de Queiroz Mendes  
Arlindo Neto Montagnoli

**DOI 10.22533/at.ed.82919071010**

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

ANÁLISE DO IMPACTO DO ROTEAMENTO FIXO EM REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS TRANSLÚCIDAS CONSIDERANDO DIFERENTES CENÁRIOS DE DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DE TRANSMISSÃO

Arthur Hendricks Mendes de Oliveira  
Helder Alves Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.82919071011**

**CAPÍTULO 12 ..... 128**

ANÁLISE DO IMPACTO DO CASCATEAMENTO DE FILTROS ÓPTICOS CONSIDERANDO

DIFERENTES ARQUITETURAS DE REDES ÓPTICAS ELÁSTICAS

Eloisa Bento Sarmento

Helder Alves Pereira

DOI 10.22533/at.ed.82919071012

**CAPÍTULO 13 ..... 138**

MODELAGEM DO EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO NA SOLUBILIDADE DE ÁCIDOS GRAXOS EM SOLVENTES ORGÂNICOS

Bruno Rossetti de Souza

Vanessa Vilela Lemos

Jessica Cristina Silva Resende

Karolina Soares Costa

Marlus Pinheiro Rolemberg

Rodrigo Corrêa Basso

DOI 10.22533/at.ed.82919071013

**CAPÍTULO 14 ..... 149**

AVALIAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE TiO<sub>2</sub> OBTIDAS POR MOAGEM DE ALTA ENERGIA COM E SEM LIXIVIAÇÃO

Lucca Monteiro Silva Semensato

Vanessa Vilela Lemos

Gabriel de Paiva

Luis Fernando Baldo Estorari

Maisa Helena Mancini

Ana Gabriela Storion

Eliria Maria de Jesus Agnolon Pallone

Tânia Regina Giraldi

Sylma Carvalho Maestrelli

DOI 10.22533/at.ed.82919071014

**CAPÍTULO 15 ..... 161**

ANÁLISE DA INTERFERÊNCIA DO PRÉ-AQUECIMENTO DO ÓLEO E DA TEMPERATURA DE TRANSESTERIFICAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO BIODIESEL

Gerd Brantes Angelkorte

Ivenio Moreira da Silva

DOI 10.22533/at.ed.82919071015

**CAPÍTULO 16 ..... 170**

ASPECTOS BOTÂNICOS DOS ÓLEOS ESSENCIAIS

Sebastião Gomes Silva

Jorddy Neves da Cruz

Pablo Luis Baia Figueiredo

Wanessa Almeida da Costa

Mozaniel Santana de Oliveira

Rafael Henrique Holanda Pinto

Renan Campos e Silva

Fernanda Wariss Figueiredo Bezerra

Raul Nunes de Carvalho Junior

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.82919071016

**CAPÍTULO 17 ..... 182**

ESTUDO DOS EFEITOS DAS VARIÁVEIS DE IMPRESSÃO 3D POR EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ÁCIDO POLILÁTICO (PLA) OBTIDAS POR INTERMÉDIO DE



ENSAIO DE TRAÇÃO

Camila Colombari Bomfim  
Antônio Carlos Marangoni  
Rafael Junqueira Marangoni

**DOI 10.22533/at.ed.82919071017**

**CAPÍTULO 18 ..... 194**

ESTUDO DO ASPECTO GEOMÉTRICO DOS CORDÕES DE SOLDA COMO ORIENTAÇÃO  
OPERACIONAL PARA O USO NA SOLDAGEM MAG ROBOTIZADA

Everaldo Vitor  
Paulo Eduardo Alves Fernandes

**DOI 10.22533/at.ed.82919071018**

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 206**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 207**

## MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES PÚBLICAS: ESTUDO DE CASO EM ALGUNS TEATROS NA CIDADE DO RECIFE/PE

### **Carlos Fernando Gomes do Nascimento**

Universidade Católica de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Eduardo José Melo Lins**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Eliana Cristina Barreto Monteiro**

Universidade Católica de Pernambuco/  
Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Amanda de Moraes Alves Figueira**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Cynthia Jordão de Oliveira Santos**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Débora Cristina Pereira Valões**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Edenia Nascimento Barros**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **George da Mota Passos Neto**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Gilmar Ilário da Silva**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Lucas Rodrigues Cavalcanti**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Marcionillo de Carvalho Pedrosa Junior**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Maria Angélica Veiga da Silva**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Mariana Santos de Siqueira Bentzen**

Universidade de Pernambuco  
Recife – Pernambuco

### **Paula Gabriele Vieira Pedrosa**

Universidade Maurício de Nassau  
Recife – Pernambuco

**RESUMO:** Edifícios históricos demandam uma abordagem especial no tocante à manutenção predial. Os Teatros A e B são edificações públicas relevantes do ponto de vista arquitetônico, histórico e cultural da cidade do Recife. Foram realizadas inspeções de forma visual nos dois teatros, tendo em vista a detecção das principais manifestações patológicas e o diagnóstico preliminar dos problemas que afetam a vida útil dos mencionados edifícios. A partir dos dados levantados e analisados foram detectadas corrosão de armaduras, deterioração de tijolos maciços cerâmicos, fissuras em alvenarias, eflorescência em concreto, bolor e manchas de infiltração. Nos dois prédios foram identificados,

com maior frequência no Teatro A, fissuras nas paredes, bem como problemas causados por umidade, tendo como resultado a presença de manchas de infiltração. É recomendada a elaboração e implantação de um plano de manutenção preventiva e corretiva para os teatros. É necessário avaliar a espessura do revestimento das peças estruturais, bem como proceder à recuperação dos pontos de corrosão nas vigas. A deterioração de tijolos das alvenarias no Teatro B exige uma ação de recuperação breve.

**PALAVRAS-CHAVE:** Degradação de Estruturas, Teatros Públicos, Patologias.

## PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS IN PUBLIC BUILDINGS: CASE STUDY IN SOME THEATERS IN THE CITY OF RECIFE/PE

**ABSTRACT:** Historic buildings require a special approach to building maintenance. The Theaters A and B are public buildings relevant from the architectural, historical and cultural point of view of the city of Recife. Visual inspections were carried out in both theaters, in order to detect the main pathological manifestations and the preliminary diagnosis of the problems affecting the useful life of the aforementioned buildings. From the collected and analyzed data were detected reinforcement corrosion, deterioration of solid ceramic bricks, cracks in masonry, efflorescence in concrete, mold and infiltration spots. In the two buildings were identified, more frequently in the Theater A, cracks in the walls, as well as problems caused by humidity, resulting in the presence of infiltration spots. It is recommended to prepare and implement a preventive and corrective maintenance plan for theaters. It is necessary to evaluate the thickness of the covering of the structural parts, as well as to recover the corrosion points on the beams. Brick deterioration of the masonry at the Theater B requires a brief recovery action.

**KEYWORDS:** Degradation of Structures, Public Theaters, Pathologies.

### 1 | INTRODUÇÃO

Os seres humanos vivem em ambientes construídos envelhecidos e com diversos problemas de manutenção, sendo a eficiente manutenção destas infraestruturas e dos materiais de construção que as constituem essenciais para o avanço a um futuro ambientalmente sustentável (RAKHA e GORODETSKY, 2018).

Dentre os principais problemas patológicos que podem ocorrer nas estruturas dos ambientes construídos (casas, edifícios, etc.), podem ser citados a corrosão, eflorescência, bolor e mofo, fissuras e trincas, dentre outras manifestações (NASCIMENTO et al., 2019).

Edifícios históricos ou emblemáticos têm valor estético e arquitetônico únicos, além das funções específicas para os quais foram concebidos, os quais, por consequência, demandam uma abordagem especial no tocante à conservação predial, reparo, recuperação e reforço estrutural, ou ainda quando do restauro de elementos

construtivos singulares que os compõem (KAAMIN et al., 2017).

No Brasil, a falta de cuidado com os edifícios públicos, particularmente com a manutenção do ambiente construído, seja na fase de projeto, execução e uso, é conduta que em regra não integra o planejamento das obras, fazendo com que o risco de colapso estrutural dessas obras seja crescente ao longo dos últimos anos.

Segundo o que consta na Portaria nº 420/2010 do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), os estudos, projetos, obras ou intervenções em bens culturais tombados, dentre as quais as edificações, devem obedecer a alguns princípios, dentre eles, o princípio da prevenção, através do qual deve ser impedida a sua degradação, perda física ou de autenticidade, ou ainda a sua fragmentação.

Com construção iniciada em 1839 pela Sociedade Harmônico Theatral, o Teatro A é um dos mais antigos equipamentos culturais da cidade do Recife. As portas do teatro foram abertas pela primeira vez em 1842 e chegou a funcionar por 18 anos, mas foi vendido e transformado em um armazém de açúcar, tendo apenas sua fachada preservada.

Hoje, juntamente com o Teatro B, instalado no mesmo terreno, são edificações públicas relevantes do ponto de vista arquitetônico, histórico e cultural e, integram o Centro de Formação e Pesquisa das Artes Cênicas A, voltado para o desenvolvimento de projetos de formação e incentivo às artes cênicas (PREFEITURA DO RECIFE, 2019).

Tendo em vista a importância do Teatro A – edificação em processo de instrução para tombamento federal, bem como do Teatro B para o circuito histórico e cultural da cidade do Recife.

O presente estudo tem como objetivo a análise do estado atual, no que tange à integridade das estruturas que integram as mencionadas edificações históricas, após a qual é emitido um diagnóstico e recomendações para a ampliação da vida útil dos mesmos.

## **2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Patologias das construções**

Assim como os seres humanos, as edificações também sofrem com a ação do tempo, mudanças climáticas e outros males congênitos ou adquiridos. Em vista disto, existe a patologia, ciência responsável por estudar os desvios, sintomas, causas e origens das manifestações patológicas.

Na construção civil, é comum se observar a ocorrência de diversas manifestações patológicas, as quais causam desconforto e insegurança aos usuários, além de proporcionar eventuais danos às estruturas. O estudo e tratamento das manifestações devem ser sempre realizados visando a segurança dos usuários e o aumento da vida útil dos edifícios.

## 2.2 Vida útil e durabilidade

Na norma da Associação Brasileira Regulamentadora NBR 6118 (ABNT, 2014) item 6.2, consta que a vida útil de projeto é o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor”.

Conforme consta na ISO 13823:2008, entende-se por vida útil o período de tempo efetivo em que a estrutura ou parte de seus componentes atendem suas funções com um desempenho mínimo de projeto, ausente de algum procedimento de manutenção. O não cumprimento das especificações acarreta reparos e recuperações, ou até mesmo reforço estrutural, os quais poderiam ser evitados se fossem realizados os procedimentos necessários.

Segundo Félix et al., (2018), entende-se durabilidade como o parâmetro que relaciona a aplicação das características de deterioração do material concreto, ou seja, da qualidade do concreto, e dos sistemas estruturais a uma determinada construção.

Assim a individualização pela avaliação da resposta que dará aos efeitos da agressividade ambiental, refere-se à capacidade de transporte dos líquidos e gases contidos no meio ambiente para a região interior do concreto, sendo definindo, então, a vida útil da mesma.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 6118 (ABNT, 2014), durabilidade “Consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.

## 3 | METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido segundo cinco etapas (Figura 01), quais sejam: i) revisão bibliográfica relacionada ao tema; ii) elaboração de uma ficha de inspeção com o croquis de cada teatro; iii) inspeção em campo com coleta de dados; iv) análise dos dados; e v) compilação dos resultados e relatório fotográfico.



Figura 1 – Etapas de desenvolvimento do estudo.

Fonte: Autores, (2019).

As legendas estão subdivididas segundo os elementos construtivos, quais sejam: manifestações patológicas no piso; manifestações patológicas na parede; e manifestações patológicas no teto (Figura 02).

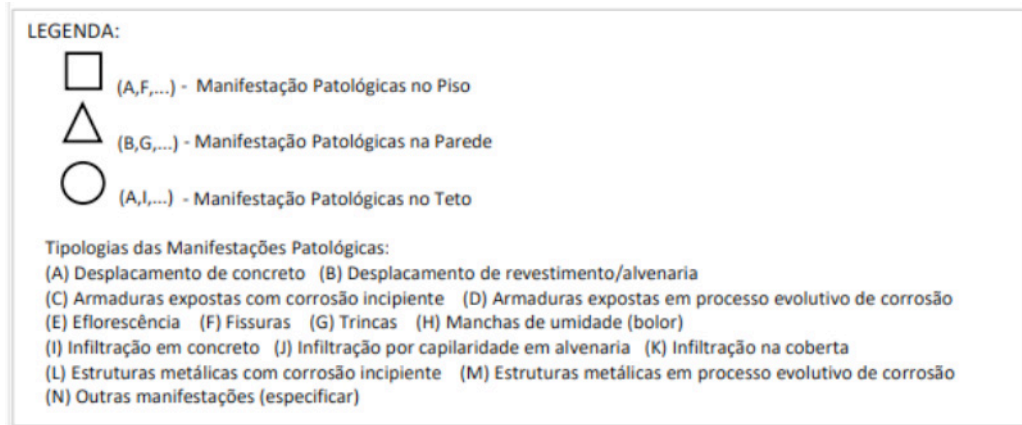


Figura 2 – Legenda da ficha de inspeção.

Fonte: Autores, (2019).

Por fim, os dados foram compilados com uso do software Excel, após os quais foram quantificados e analisados. Estes dados permitiram a análise das manifestações patológicas por elementos construtivos, possibilitando a avaliação preliminar de quais foram os elementos mais atingidos e os tipos de manifestações mais frequentes.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Teatro A

#### 4.1.1 Corrosão das armaduras

Armadura exposta em processo evolutivo de corrosão e deslocamento (desagregação) de concreto localizados na laje da sala de ensaios (Figura 03). É provável que as causas dessas manifestações patológicas tenham sido a ausência de espaçadores e ou cobrimento mínimo das armaduras insuficiente, potencializadas pela presença de cloretos livres e CO<sub>2</sub>.



Figura 3 – Laje da sala de ensaios com armadura exposta e deslocamento de concreto.

Fonte: Autores, (2019).

#### 4.1.2 Fissuras e manchas em alvenarias

Fissuras em alvenaria a 45 graus e manchas em paredes sob a estrutura do tablado em madeira do palco – depósito (Figuras 04-A e 04-B).



Figura 4 – (A) Fissuras em parede; e (B) Fissuras e manchas em parede.

Fonte: Autores, (2019).

As fissuras são uma das manifestações patológicas mais presentes nas estruturas, dentre elas nas alvenarias, as quais podem ter sido causadas devido as sobrecargas e ou temperaturas. No caso particular, a configuração em 45 graus das fissuras nas paredes sugere a incidência de esforços de flexão da viga de madeira sobre as alvenarias.

#### 4.1.3 Infiltração por capilaridade em alvenaria

Manchas de infiltração por capilaridade nas alvenarias da sala de ensaios (Figura 05). As manchas estão provavelmente vinculadas à falha ou ausência do sistema de impermeabilização.



Figura 5 – Descascamento da pintura em paredes internas.

Fonte: Autores, (2019).

#### 4.1.4 Segregação de concreto (viga)

A segregação dos materiais e a adesão dos mesmos à face da viga (Figura 06), pode ter ocorrido em função da abertura das formas pelo efeito das pressões sobre estas, as quais certamente foram provocadas pelo incorreto adensamento do concreto fresco (incorreto posicionamento dos vibradores de imersão).



Figura 6 – Viga da sala de ensaios com concreto segregado aderido à face.

Fonte: Autores, (2019).

## 4.2 Teatro B

### 4.2.1 Degradação de alvenarias

Degradação de alvenarias e respectiva argamassa de assentamento dos tijolos, as quais estão localizadas na sala de apresentações. A manifestação patológica foi provavelmente provocada pela perda de resistência dos materiais constituintes dos tijolos cerâmicos maciços e da argamassa de cimento e areia, derivada de fatores relacionados a reações e ou alterações físico-químicas, químicas e ou biológicas (Figura 07-A e 07-B).

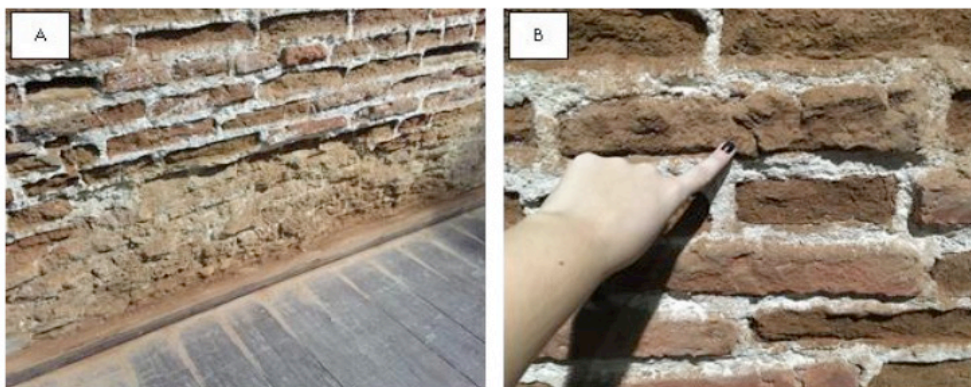


Figura 7 – (A) e (B) Degradação em alvenarias de tijolos cerâmicos maciços na sala de apresentações.

Fonte: Autores, (2019).



Os citados fatores surgem, em geral, em decorrência da falta de cuidados na etapa de projeto, na escolha equivocada de materiais, da falta de controle durante a execução da obra ou, ainda, em virtude da não realização de manutenções preventivas durante a vida útil da edificação – o caso em apreço.

Importante destacar que as alvenarias de tijolos maciços, em franco processo de degradação, integram a estrutura de apoio à cobertura da edificação, bem como as estruturas de apoio às cargas cênicas, quais sejam, os equipamentos de iluminação e som, bem como cabos para içamento/sustentação dos atores em cena.

#### *4.2.2 Armaduras expostas com corrosão incipiente*

As faces inferiores (bases) de algumas vigas transversais da estrutura de apoio da cobertura apresentam, em pontos localizados, armaduras expostas com corrosão incipiente (Figura 08-A e 08-B). É provável que as causas destas manifestações patológicas tenham sido a ausência de espaçadores entre as armaduras e formas e o cobrimento de concreto insuficiente (abaixo do mínimo definido em norma).

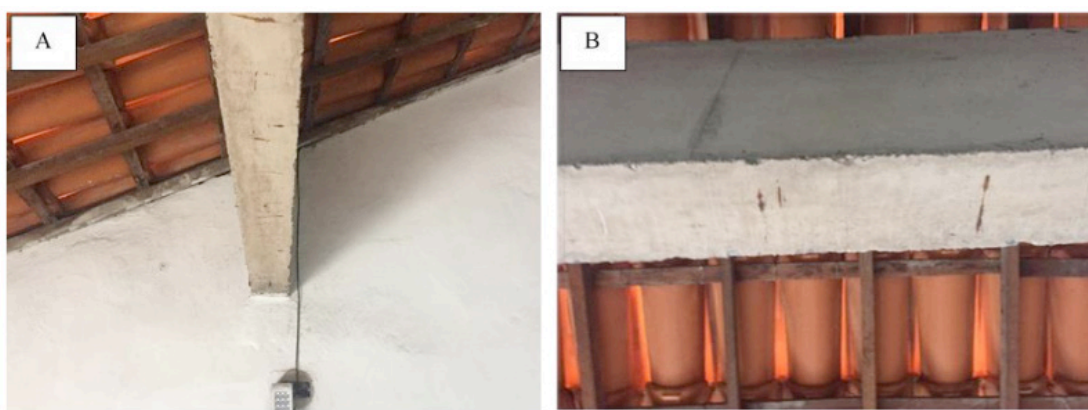


Figura 8 – (A) e (B) Vigas transversais da estrutura de apoio da cobertura com armaduras expostas com corrosão incipiente.

Fonte: Autores, (2019).

#### *4.2.3 Fissuras em alvenaria (movimentações higroscópicas)*

Fissuras em alvenaria da fachada principal, as quais foram provocadas por variação de umidade dos materiais – movimentações higroscópicas (Figura 09-A e 09-B). As fissuras presentes na fachada provocam a penetração de umidade para o interior do edifício, particularmente quando da batida de chuvas sobre a face exterior da alvenaria da fachada.

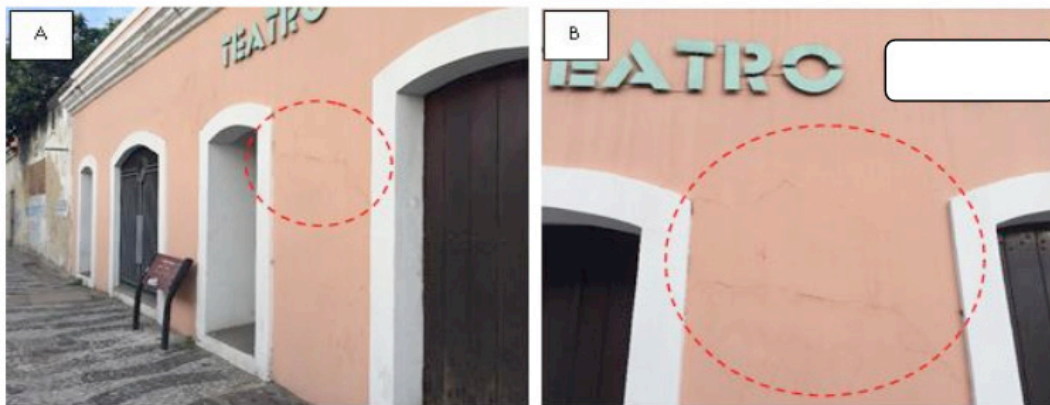


Figura 9 – (A) e (B) Fissuras em alvenaria provocadas por movimentação higroscópica.

Fonte: Autores, (2019).

Os autores Melo e Carasek (2014), Galletto e Andrello (2013), verificaram a influência de alguns parâmetros ambientais como radiação solar, direção das chuvas, variação térmica e umidade na incidência de manifestações patológicas em fachadas.

Estes fatores podem variar de intensidade segundo a posição geográfica da fachada do edifício, gerando uma maior incidência de danos em alguma das fachadas e na área interna dos mesmos derivados da associação dos mencionados fatores.

#### *4.2.4 Manchas de umidade (bolor) e infiltração na cobertura*

Bolor (mofo) nos caibros e terças da cobertura (Figura 10) devido ao excesso de umidade. As possíveis causas dessa manifestação patológica são: telhas fissuradas e ou quebradas; e ausência e ou deficiência de rufos e ou calhas.



Figura 10 – Bolor nos caibros e terças do telhado.

Fonte: Autores, (2019).

Os problemas patológicos mais frequentes nas edificações são a formação de manchas de umidade, com o desenvolvimento de bolores (mofos), os quais são

formados pela ação de agentes biológicos, principalmente os fungos, que necessitam de condições especiais para se desenvolverem. Assim, a presença de água, em qualquer estado, é fundamental para o desenvolvimento destes organismos.

#### 4.2.5 Saponificação e descamação da tinta

Foram identificadas saponificação e descamações de tinta em paredes internas na entrada do Teatro (Figura 11-A), originadas de infiltração por capilaridade. Já a descamação da tinta presente no topo da alvenaria interna (Figura 11-B) é causada pela umidade da mesma, a qual é derivada de infiltrações de águas pluviais através do telhado.

É necessária a manutenção periódica da pintura, removendo as áreas afetadas para reaplicação da tinta, bem como o uso de tinta de boa qualidade e o correto preparo e aplicação da mesma, além do prévio e imprescindível reparo do sistema coberto, tendo em vista a eliminação de infiltrações.

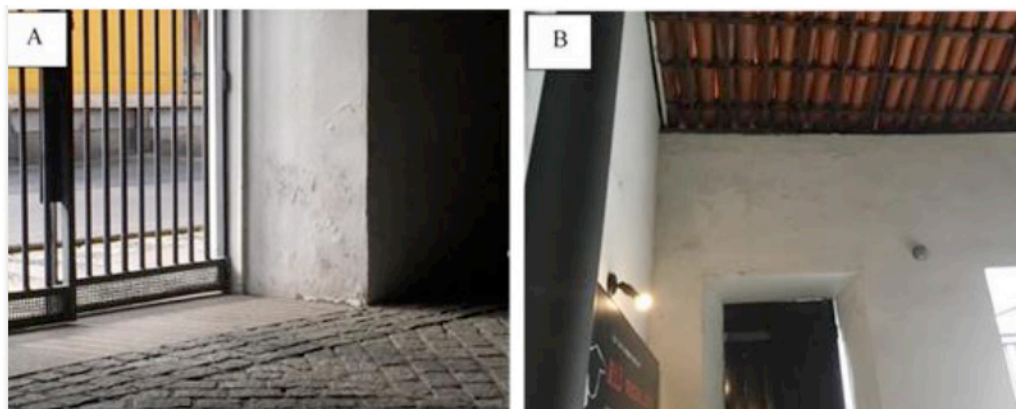


Figura 11 – (A) e (B) Descamação da pintura nas paredes internas da entrada devido à umidade por capilaridade.

Fonte: Autores, (2019).

#### 4.2.6 Eflorescência

Foi observada a presença de eflorescência em viga da estrutura de sustentação da cobertura (Figura 12-A e 12-B), a qual certamente é oriunda do processo de lixiviação dos materiais que constituem o concreto, o qual está exposto à umidade resultante da água de chuva.

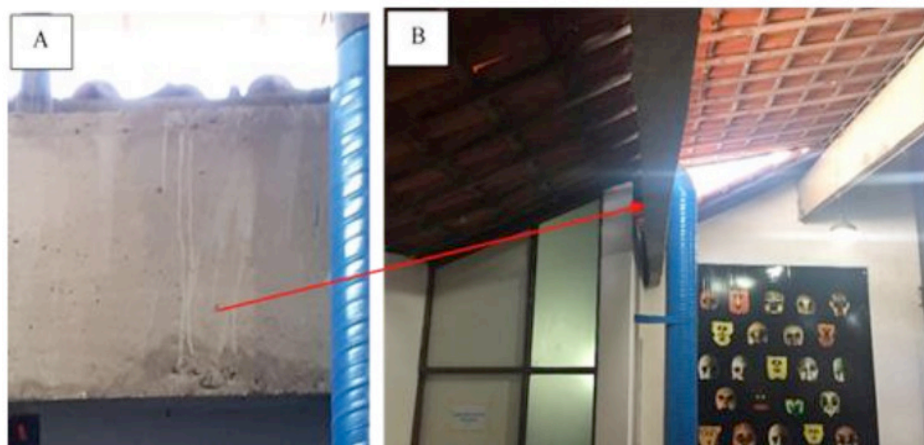


Figura 12 – (A) e (B) Descamação da pintura nas paredes internas da entrada devido à umidade por capilaridade.

Fonte: Autores, (2019).

De acordo com Mazer (2016), as eflorescências são um processo natural, onde a água, tendo entrado pelos poros capilares do concreto, dissolve o hidróxido de cálcio da pasta de cimento.

Ações podem ser executadas para inibir o processo de lixiviação do concreto, a exemplo da impermeabilização da área de contato do concreto da viga com material hidrofugante.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Da análise do estado de conservação do Teatro A e Teatro B, é possível observar que a maioria das manifestações patológicas se concentram nas vigas de concreto armado e nas paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos.

Em alguns locais (a exemplo da cobertura), há necessidade de reparos com o propósito da eliminação de infiltrações e melhoria na aparência visual, prejudicada por conta de algumas manchas de bolor na madeira e fendilhamento em algumas telhas.

Nas vigas, foram observados ninhos de concretagem devido à falta ou falha de vibração quando da execução das obras, manchas de corrosão por conta de cobrimento inadequado e manchas de eflorescência devido à umidade.

Também foram identificadas falhas na montagem de formas, o que ocasionou a falta de alinhamento de algumas dessas peças estruturais. Nos dois prédios foram identificados, com maior frequência no Teatro A, fissuras nas paredes.

Observou-se também problemas causados por umidade, os quais são resultado da ausência de sistema de impermeabilização, tendo como consequência a presença de manchas de infiltração.

O Teatro B merece uma atenção especial, visto que apresenta deterioração (desgaste) das alvenarias de tijolos aparentes que compõem as paredes do salão principal (sala de espetáculos), devido à umidade, associada as movimentações

(vibrações) das estruturas.

Esses efeitos têm sido potencializados pelo trânsito de ônibus do sistema de transporte *Bus Rapid Transit* (BRT), cuja estação está localizada em frente ao Teatro. Portanto, há necessidade de uma recuperação estrutural, em caráter de urgência, uma vez que se trata de uma edificação histórica.

Também é recomendada a elaboração e implantação de um plano de manutenção preventiva e corretiva para os teatros, consoante instruções do IPHAN. Nos teatros é necessário avaliar a espessura do revestimento das peças estruturais, bem como proceder à recuperação dos pontos de corrosão nas vigas.

No plano de manutenção preventiva deverá estar previsto um projeto de conscientização, frente à importância dos prédios, os quais são patrimônio histórico de Pernambuco. Além disso, é importante a eliminação das infiltrações nas paredes, visto que tem diminuído a vida útil da estrutura.

Estudos futuros poderão utilizar tecnologias de inspeção para o auxílio em um diagnóstico amplo e completo das manifestações patológicas que acometem os teatros, a exemplo dos ensaios não destrutivos com uso de termografia, tendo em vista os muitos locais com infiltrações.

## 6 | AGRADECIMENTOS

À Prefeitura da Cidade do Recife, particularmente à Secretaria de Cultura, pela gentileza em conceder acesso às edificações que abrigam o Teatro A e Teatro B.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:2014 Projeto de estruturas de concreto** - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014. 170 p.

FELIX, et al. Análise da vida útil de estruturas de concreto armado sob corrosão uniforme por meio de um modelo com RNA acoplado ao MEF. **Revista Alconpat**, [s.l.], v. 8, n. 1, p.1-15, 1 fev. 2018. Revista ALCONPAT. <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.256>.

GALLETTO, A; ANDRELLO, J. M. **Patologia em fachadas com revestimentos cerâmicos**. In: CINPAR – IX Congresso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras, João Pessoa (Brasil), 2013.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL (IPHAN). **Portaria nº 420, de 22 de dezembro de 2010**. Dispõe sobre procedimentos a serem observados para a concessão de autorização para realização de intervenções em bens edificados tombados e nas respectivas áreas de entorno. Brasília – DF, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 13823:2008**. General principles on the design of structures for durability.

KAAMIN, M. IDRIS, N. A. BUKARI, S. M. ALI, Z. SAMION, N. AHMAD, A. Visual Inspection of Historical Buildings Using Micro UAV. **MATEC Web of Conferences**. v. 103, 2017.

MELO, C. M., CARASEK, H. *Relationship between the deterioration of multi story building facades and driving rain*. **Revista de la Construcción**, V. 13, No. 1, pp. 64-73, 2014.

NASCIMENTO, C. F. G.; SOUZA, P. M. C. O.; TEXEIRA, I. A. R.; MONTEIRO, E. C. B. e COSTA E SILVA, A. J. **Utilização do método dos fatores para priorização de incidências patológicas na ponte Barão de Jundiá, 48 anos de construção no município de Escada-PE**. 2019.

RAKHA, T.; GORODETSKY, A. Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. **Automation in Construction**. v. 93. 2018.

VISIT RECIFE. **Teatros**. Disponível em: <https://visit.recife.br/>. Acessado em: 30 Abr. 2019.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**JOÃO DALLAMUTA** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ácidos Graxos 138, 139, 143, 146, 147  
Águas Pluviais 25, 26, 27, 28, 31, 33, 38, 39, 40, 43, 45, 55, 76  
Algoritmo de Roteamento 120, 123, 126, 127  
Algoritmo de Utilização de Regeneradores 120  
Análise de Redes Sociais 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103, 104  
Arquitetura 55, 123, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 136  
Aspectos Botânicos 170, 171

### B

Biocombustível 161, 162, 164, 165  
Biodiesel 3, 13, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169  
Biomassa 3, 8, 13, 161

### C

Calibração 46, 48, 49, 50, 52, 53, 54  
Caraúbas 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44  
Cluster Comercial 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103  
Concatenação 128, 129, 135  
Conservação de Energia Elétrica 15, 16, 20, 23, 24  
Controle de Posição 106, 110, 112, 113, 117, 118, 119

### D

Degradação de Estruturas 68  
Demanda Energética 1, 2, 7, 8, 9, 10, 12  
Desenvolvimento Urbano Sustentável 55  
Destilado de Desodorização 138  
Drenagem Urbana 25, 37, 38, 40, 43, 44

### E

Economia de Energia 15, 22  
Eficiência Luminosa 15, 16, 17, 18  
Energia Alternativa 161  
Equilíbrio Sólido-Líquido 138, 140, 141, 144  
Equipamento de Litografia Óptica 106, 108, 110, 111, 112, 118  
Escoamentos 25, 27, 29, 30, 31, 33, 56, 62



## F

Fator de Atrito 46, 49, 50, 52

Filtro Óptico 128, 129, 130, 132

Fotocatálise 80, 81, 82, 89, 149, 150, 151, 160

## G

Gestão de Águas Urbanas 36, 38, 44

## L

Lixívia Ácida 80, 82, 83, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 150, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 159

## M

Mesa Cartesiana XY 106

Microgravação 106

MIGHA 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53

Moagem de Alta Energia 80, 81, 82, 83, 86, 89, 91, 149, 150, 151, 154, 159, 160

Modelagem Termodinâmica 138

## N

Nanopartículas 81, 92, 149, 150, 160

Nanopós 81, 149, 150, 151, 152, 153

## O

Óleos Essenciais 170, 171

## P

Patologias 68, 69

Penalidade Física 128, 129

Propriedades Medicinais 170

## Q

Qualidade de Transmissão 120, 121, 128, 129

## R

Rede Óptica Elástica 120, 127, 128, 136

Rede Óptica Elástica Translúcida 120, 127, 136

Remoção de Contaminantes 25, 33

Requalificação Ambiental 55, 57, 61, 65

Resiliência a Inundações 55, 57, 60, 62, 65

Roraima 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14

## S

Saneamento Básico 36, 37, 43, 44

Solubilidade 32, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148

## T

Teatros Públicos 68

TiO<sub>2</sub> 81, 82, 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160

Tratamento de Efluentes 25, 26, 33, 82, 151

Troca de Informações 93, 96, 98, 101, 103

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-682-9

