

# As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

## 2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Viviane Teleginski Mazur  
(Organizadores)

# As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado

## 2

Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
Viviane Teleginski Mazur  
(Organizadores)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Lorena Prestes

**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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
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  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
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 Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco

Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>As engenharias e seu papel no desenvolvimento autossustentado 2 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta, Viviane Teleginski Mazur. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-145-9            DOI 10.22533/at.ed.459202906</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Dallamuta, João. III. Mazur, Viviane Teleginski.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</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

As obras As Engenharias e seu Papel no Desenvolvimento Autossustentado Vol. 1 e 2 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 24 capítulos, com assuntos voltados a engenharia elétrica, materiais e mecânica e sua interação com o meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 27 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, da construção civil com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção de baixo com baixo impacto ambiental.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões sobre temas atuais nas engenharias, de maneira aplicada as novas tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

Viviane Teleginski Mazur

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PLANETA URBANO: A PELE QUE HABITAMOS E A CIDADE DENTRO DA CIDADE – <i>SMART CITIES</i>	
Adriana Nunes de Alencar Souza	
DOI 10.22533/at.ed.4592029061	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
A BICICLETA COMO “NOVO” MODO DE MOBILIDADE EM LISBOA	
João Carlos Duarte Marrana	
Francisco Manuel Camarinhas Serdoura	
DOI 10.22533/at.ed.4592029062	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>29</b>
REDE CICLOVIÁRIA DO MUNICÍPIO DE AVEIRO: O QUE É E O QUE PODERIA SER	
José Otávio Santos de Almeida Braga	
Vanessa dos Santos Passos	
DOI 10.22533/at.ed.4592029063	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
A INTERAÇÃO ENTRE AS CIDADES E O TRANSPORTE FERROVIÁRIO DE ALTO DESEMPENHO À LUZ DE EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS	
Marne Lieggio Júnior	
Brunno Santos Gonçalves	
Sérgio Ronaldo Granemann	
DOI 10.22533/at.ed.4592029064	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>53</b>
GESTÃO DE ENERGIA E POLUENTES EM TRANSPORTE URBANO DE PASSAGEIROS: UMA OTIMIZAÇÃO INTERMODAL SOB A ÓTICA DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL	
Shadia Silveira Assaf Bortolazzo	
João Eugênio Cavallazzi	
Amir Matar Valente	
DOI 10.22533/at.ed.4592029065	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>68</b>
DEL EDIFICIO AL ÁREA URBANA. ANÁLISIS MULTIESCALAR DE LA DEMANDA DE ENERGÍA RESIDENCIAL Y SU IMPACTO ECONÓMICO-AMBIENTAL	
Graciela Melisa Viegas	
Gustavo Alberto San Juan	
Carlos Alberto Discoli	
DOI 10.22533/at.ed.4592029066	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>85</b>
UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES DE ÁGUA E ÓLEO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Neemias Eloy Choté	
Luciana Carreiras Norte	
José Roberto Moreira Ribeiro Gonçalves	
Fabiano Battemarco da Silva Martins	
DOI 10.22533/at.ed.4592029067	

**CAPÍTULO 8 ..... 98**

MAPEAMENTO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL GERADOS PELOS CURSOS FIRJAN SENAI: O ESTUDO DE CASO DA UNIDADE RODRIGUES ALVES, RJ

Verônica Silva Neves

Fernanda Valinho Ignacio

Simone do Nascimento Dória

**DOI 10.22533/at.ed.4592029068**

**CAPÍTULO 9 ..... 112**

TECNOLOGIA AMBIENTAL PARA RECICLAGEM DE *DRYWALL*: APLICAÇÃO EM MATERIAIS DE ALVENARIA

Isabel Pereira Vidigal de Oliveira

Joyce Sholl Altschul

Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega

**DOI 10.22533/at.ed.4592029069**

**CAPÍTULO 10 ..... 119**

LOGÍSTICA REVERSA EM EMPRESAS DOS MUNICÍPIOS DE REDENÇÃO E XINGUARA

Daniela de Souza Morais

Ana Paula Tomasio dos Santos

Armando José de Sá Santos

Suanne Honorina Martins dos Santos

Jomar Nascimento Neves

**DOI 10.22533/at.ed.45920290610**

**CAPÍTULO 11 ..... 130**

PROBLEMAS AMBIENTALES DE LA TIERRA VACANTE FRENTE A LA EXPANSIÓN URBANA EN EL PARTIDO DE LA PLATA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Julieta Frediani

Daniela Cortizo

Jesica Esparza

**DOI 10.22533/at.ed.45920290611**

**CAPÍTULO 12 ..... 147**

A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E OS PARÂMETROS METEOROLÓGICOS NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

Levi Pires de Andrade

Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira

José de Souza Nogueira

Flávia Maria de Moura Santos

Carlo Ralph De Musis

Jonathan Willian Zangeski Novais

**DOI 10.22533/at.ed.45920290612**

**CAPÍTULO 13 ..... 160**

METODOLOGIA UTILIZADA PARA O MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO REFERENTE AO ABASTECIMENTO PÚBLICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE - RMBH NO ANO DE 2015

Jeane Dantas de Carvalho

Marília Carvalho de Melo

Luiza Pinheiro Rezende Ribas

Paula Pereira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.45920290613**

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>176</b>
DETERMINAÇÃO DE VAZÕES ECOLÓGICAS DE UM RIO ATRAVÉS DE DIFERENTES METODOLOGIAS HIDROLÓGICAS, ESTUDO DE CASO: RIO GUALAXO DO SUL/MG	
Igor Campos da Silva Cavalcante	
Lígia Conceição Tavares	
Ian Rocha de Almeida	
João Diego Alvarez Nylander	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290614</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>186</b>
ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DAS CINZAS DO BAGAÇO DE CANA DE AÇÚCAR APLICADA COMO ADSORVENTE NO TRATAMENTO DE ÁGUA CONTAMINADA COM FUCSINA BÁSICA	
Milena Maria Antonio	
Mariza Campagnolli Chiaradia Nardi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290615</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>199</b>
TECNOLOGIA INOVADORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO: LODO ATIVADO POR AERAÇÃO ESTENDIDA	
Ana Carolina Carneiro Lento	
Fernando de Oliveira Varella Molina	
Karen Kiarelli Souza Knupp Lemos	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290616</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>208</b>
PARCELAS E OBJETOS TERRITORIAIS: UMA PROPOSTA PARA O SINTER	
Rovane Marcos de França	
Adolfo Lino de Araújo	
Flavio Boscatto	
Cesar Rogério Cabral	
Carolina Collischonn	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290617</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>221</b>
TIJOLO SOLO CIMENTO: ANÁLISE DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	
Ândeson Marcos Nunes de Lima	
Karen Niccoli Ramirez	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290618</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>233</b>
ESTABILIZAÇÃO DOS SOLOS COM CAL (UM ESTUDO DE CASO DIRIGIDO A UM SOLO ARENO-ARGILOSO NA FORMAÇÃO AQUIDAUANA)	
Marcelo Macedo Costa	
Jaime Ferreira da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290619</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>244</b>
ESTUDO DA ADIÇÃO DO PAPEL RECICLADO NO CONCRETO PARA FABRICAÇÃO DE PEÇA DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO	
Camilla Gomes Arraiz	
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque	
Leticia Maria Brito Silva	

Mariana de Sousa Prazeres  
Jayron Alves Ribeiro Junior  
Moises de Araujo Santos Jacinto  
Thainá Maria da Costa Oliveira  
Bruna da Costa Silva  
Marcos Henrique Costa Coelho Filho  
Yara Lopes Machado  
Eduardo Aurélio Barros Aguiar  
**DOI 10.22533/at.ed.45920290620**

**CAPÍTULO 21 ..... 255**

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À ADERÊNCIA ENTRE OS MÉTODOS EXECUTIVOS DE REVESTIMENTO:  
ÚMIDO SOBRE ÚMIDO E CONVENCIONAL COM ARGAMASSA ACIII

Rayra Assunção Barbosa Magalhães  
Alberto Barbosa Maia  
Antônio Sérgio Condurú Pinto  
Israel Souza Carmona  
Izanara Ferreira da Costa  
Luiz Alberto Xavier Arraes  
Luzilene Souza Silva  
Marcelo De Souza Picanço  
Marlos Henrique Pires Nogueira  
Mike da Silva Pereira  
Núbia Jane da Silva Batista  
Pedro Henrique Rodrigues de Souza  
**DOI 10.22533/at.ed.45920290621**

**CAPÍTULO 22 ..... 266**

ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE DRENAGEM URBANA

Augusto César Igawa de Albuquerque  
Marcelo Teixeira Damasceno Melo  
Antonio Jorge Silva Araújo Junior  
Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa  
**DOI 10.22533/at.ed.45920290622**

**CAPÍTULO 23 ..... 280**

AValiação DO INCÔMODO SONORO DEVIDO A EXPOSIÇÃO AO RUÍDO AERONÁUTICO NO ENTORNO  
DO AEROPORTO DE BRASÍLIA

Edson Benício de Carvalho Júnior  
Wanderley Akira Shiguti  
Alexandre Gomes de Barros  
Armando de Mendonça Maroja  
José Matsuo Shimoishi  
Wesley Candido de Melo  
Sérgio Luiz Garavelli  
**DOI 10.22533/at.ed.45920290623**

**CAPÍTULO 24 ..... 296**

RECONSTRUÇÃO CADASTRAL DE PROPRIEDADES ATINGIDAS POR LINHAS DE TRANSMISSÃO DA  
EMPRESA CGT ELETROSUL

Vivian da Silva Celestino Reginato  
Cleice Edinara Hubner  
Samuel Abati  
**DOI 10.22533/at.ed.45920290624**

<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>308</b>
ILUMINAÇÃO, CONFORTO E SEGURANÇA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO	
Cristhian Elisiario Nagawo	
Elcione Maria Lobato de Moraes	
Thaiza de Souza Dias	
Sonia da Silva Teixeira	
Athena Artemisia Oliveira de Araújo Vieira	
Ana Caroline Borges Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>320</b>
RELATO DE EXPERIÊNCIA: UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO REALÍSTICA E INTERDISCIPLINARIDADE NO CURSO TÉCNICO EM SEGURANÇA DO TRABALHO NA CIDADE DE LORENA	
Bruno Leandro Cortez de Souza	
Ana Cecília Cardoso Firmo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>326</b>
SOS GAMES: JOGO EDUCACIONAL NA ÁREA DE SAÚDE EM SCRATCH	
Guilherme Henrique Vieira de Oliveira	
Bruno Vilhena de Andrade Velasco	
Luciane Carvalho Jasmin de Deus	
<b>DOI 10.22533/at.ed.45920290627</b>	
<b>SOBRE OS ORGANIZADORES</b> .....	<b>332</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>333</b>

## ESTUDO DE PAVIMENTO DRENANTE COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE DRENAGEM URBANA

Data de aceite: 23/06/2020

### **Augusto César Igawa de Albuquerque**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<https://orcid.org/0000-0002-3663-5839>

### **Marcelo Teixeira Damasceno Melo**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<https://orcid.org/0000-0002-4379-271X>

### **Antonio Jorge Silva Araújo Junior**

Centro Universitário Metropolitano da  
Amazônia – UNIFAMAZ

Faculdade de Engenharia Civil  
Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/0978009563184327>

<https://orcid.org/0000-0003-2919-3240>

### **Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa**

Universidade Federal do Pará - UFPA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
Civil – PPGEC

Belém – PA

<http://lattes.cnpq.br/2451471006212065>

<https://orcid.org/0000-0002-7238-6892>

**RESUMO:** O surgimento de sistemas alternativos de drenagem que tem como princípio a retenção e/ou infiltração vem possibilitando melhorias na gestão urbana, colaborando para a retenção das águas no local de contato na superfície. Assim, o objetivo deste estudo foi propor um sistema de pavimentação drenante, amortecendo a contribuição de escoamento superficial. A metodologia se deu por etapas para construir o sistema piloto, a saber: cálculos para dimensionamento e construção da estrutura do sistema de pavimento drenante, dimensionamento das tubulações e camadas de recobrimento da tubulação, dimensionamento da camada reservatório dimensionamento da chuva de projeto, desenvolvimento da camada assentamento e o pavimento drenante. O tempo de retorno do sistema piloto foi superior ao dimensionado para 10 anos, sendo assim o sistema foi considerado adequado, podendo ser aplicado de forma satisfatória. Avaliou-se como excelente também a capacidade máxima do sistema proposto de acordo com parâmetros da American Association of State Highway and Transportation Officials, mesmo considerando que o sistema com tubulação de 150mm esvaziou em tempo menor que o de 200mm.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pavimentação

## STUDY OF DRAINAGE FLOORING AS AN ALTERNATIVE URBAN DRAINAGE SYSTEM

**ABSTRACT:** The emergence of alternative drainage systems based on the principle of retention and/or infiltration has enabled improvements in urban management, contributing to the retention of water in the place of contact on the surface. Thus, the objective of this study was to propose a draining paving system, dampening the contribution of runoff. The methodology was carried out in stages to build the pilot system: calculations for dimensioning and construction of the draining pavement system structure, dimensioning of the pipes and covering layers of the pipe, dimensioning of the reservoir layer dimensioning of the design rain, development of the laying layer and draining pavement. The return time of the pilot system was longer than the dimension for 10 years, so the system was considered adequate and can be applied satisfactorily. The maximum capacity of the proposed system was also evaluated as excellent, according to the parameters of the American Association of State Highway and Transportation Officials, even considering that the system with 150mm piping emptied in less time than the 200mm.

**KEYWORDS:** Permeable Paving; Pilot System; Runoff.

### 1 | INTRODUÇÃO

A drenagem urbana, antigamente, tinha como objetivo a remoção das águas da chuva através de sistemas simplificados e soluções imediatas (FARIA; QUINTO JUNIOR, 2017). Já os sistemas de drenagem pluviais atualmente são projetados baseados no escoamento rápido para transferir o ponto de alagamento. Entretanto, houve o surgimento de sistemas alternativos de drenagem que trabalham com de retenção e/ou infiltração, possibilitando melhoria no sistema.

Com o surgimento dessas novas tecnologias e a melhoria do sistema de drenagem clássico, considerando os vários efeitos causados e diversos arranjos de projeto possíveis, a escolha do sistema ideal a ser projetado tornou-se uma tarefa complexa, dificultando ao projetista a escolha dele, pois deveriam ser considerados vários critérios, não só de eficiência hidráulica como também no setor econômico, ambiental e social (BIRGANI; YAZDANDOOST, 2018).

Apesar dessas vantagens, as técnicas alternativas de drenagem urbana são ainda poucos utilizadas, principalmente em países em desenvolvimento. Desde os anos 90, segundo Azzout et al. (1994), a utilização dessas novidades vem sendo freada, pois seu comportamento ao longo do tempo ainda é desconhecido, e não são inteiramente dominadas as variáveis de projeto, execução e manutenção; sendo que essas podem modificar de maneira importante a ordenação de um local.

Tendo em vista que existem vantagens e desvantagens entre o sistema tradicional e o alternativo, este estudo pode mostrar, através do experimento, o quanto um sistema poderá complementar o outro, ou mesmo substituir. Diante disto, métodos de drenagem que

visem a infiltração das águas no solo poderão contribuir para a redução considerável nos escoamentos superficiais, amortecendo os picos de vazões durante os eventos de chuvas intensas. Deve-se adotar métodos não convencionais de drenagem que busquem a melhora do escoamento (BEUX; OTTONI, 2015).

Vários são os benefícios ambientais da pavimentação permeável drenante, como a redução dos coeficientes de Runoff (coeficiente utilizado em equações de dimensionamento hidráulico de dispositivos de drenagem urbana), recarga de lençóis freáticos, auxilia na filtragem de alguns poluentes e reduz poças d'água, aumentando a segurança e o conforto de tráfego (MARUYAMA; FRANCO, 2016).

A drenagem é uma forma de mudança do espaço, melhoria na paisagem e qualidade de vida para uma determinada região. A cidade de Belém, utilizada como referência para o estudo, tem um regime pluviométrico intenso, acarretando alagamentos e transtornos para população de modo geral, e esses problemas podem ser minimizados de diversas formas. Assim, o objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um sistema piloto alternativo de drenagem, onde foram analisados a permeabilidade de sistema de pavimento drenante, buscando minimizar as diversas problemáticas que eventos extremos de chuva podem causar.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Dimensionamento e Montagem da Estrutura do Sistema Piloto

Foram fabricados 02 cubos de 1 metro de largura por 1 metro de comprimento por 1 metro de altura, formando separadamente dois cubos de 1 m<sup>3</sup> (Figura 1). Foram utilizadas cantoneiras de ferro de ½ polegada e barras chatas também de ½ polegada, soldadas com solda E6030 de 2,5mm. Foi inserido reforço nos cantos de 20 cm em cada lado. Após esse processo foi realizado o fechamento, sendo as faces frontal e traseira de material acrílico transparente de 6 mm e as laterais e o fundo de madeirite plastificado de 10 mm. Todas as faces medindo 1mx1m. Os cantos e os encontros das faces foram vedados com silicone tipo Pu 40 de 280g.



Figura 1 – estrutura metálica do sistema piloto com o madeirite  
e acrílico

Fonte: Autores (2020)

## 2.2 Montagem e Recobrimento do Sistema Drenante

### 2.2.1 Confeção da tubulação

Foram utilizadas duas tubulações PVC de diâmetros diferentes com comprimento de 1,10 m, sendo que na tubulação de 150 mm foram feitos 60 furos com diâmetros de 10 mm espaçados longitudinalmente a cada 9 cm e transversalmente a cada 8 cm. No tubo de 200 mm foram feitos 70 furos no mesmo diâmetro com espaçamentos no sentido transversal e longitudinal que foi de 9 cm. Esses espaçamentos foram distribuídos no comprimento de 1 metro deixando 10 cm para fora do sistema para coleta do volume de água drenado. Cada tubo totalizou uma área de coleta equivalente a 4.712 mm<sup>2</sup> no sistema de 150 mm e 5.498mm<sup>2</sup> no de 200mm, em seguida colocou-se os tubos nos cubos.

Após a montagem da caixa e da tubulação iniciou-se o processo de preenchimento das camadas do sistema. Entretanto, antes do preenchimento da camada de recobrimento, os tubos foram envolvidos com uma manta geotêxtil para evitar que os resíduos finos não entrassem nos orifícios dos tubos evitando a perda de material no sistema feito, também foi realizada a vedação entre o tubo e o acrílico na parte posterior do cubo com CAP para diâmetros de 150mm e 200mm.

### 2.2.2 Recobrimento da tubulação

Para recobrir a tubulação e protegê-la de impactos, foi utilizado 0,225m<sup>3</sup> de agregado miúdo para o sistema com tubulação de 150 mm e 0,30m<sup>3</sup> para o de 200mm, como exibido na Figura 2. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 15645 (2008) para execução de tubulação de drenagem a cobertura do reaterro deve ter no mínimo de 60 cm a cima da geratriz superior do tubo e/ou aduela para uma tubulação de 400 mm. No caso

desse experimento foi feita a relação (Equações 1 e 2) entre o diâmetro do tubo e altura da camada de cobertura, o experimento tem dois diâmetros de 150 mm e 200 mm.

$$X = \frac{60\text{cm} \times 150\text{mm}}{400\text{mm}} = 22,5 \text{ cm} \quad (1)$$

$$X = \frac{60\text{cm} \times 200\text{mm}}{400\text{mm}} = 30 \text{ cm} \quad (2)$$



Figura 2 – Material para recobrimento da tubulação com agregado miúdo

Fonte: Autores (2020)

### *2.2.3 Assentamento da camada do pavimento permeável*

A camada de assentamento do pavimento foi constituída de agregado miúdo, sendo compactada em altura de 5 cm, conforme institui a NBR 15645 (2008). O recobrimento com agregado miúdo acima da geratriz superior das duas tubulações (22,5 cm e 30 cm) não apresentou alteração de grande representatividade no sistema, atendendo a sua funcionalidade de proteger as tubulações contra esmagamentos. A altura da camada de reservatório foi de 24 cm, porém foi adotado 30 cm em razão de margem de segurança. Calculado e adotado o mesmo valor para os dois sistemas, foi colocada metade e compactada levemente com soquete manual, sendo inserido o restante após.

## **2.3 Construção Da Pavimentação Drenante**

Utilizou-se para confecção de 50 blocos com dimensões de Comprimento (C) 20 cm, Largura (L) 10 cm, definidos a partir do estudo de Silva (2012). Já a Altura (H) de 8cm, foi definida a partir da NBR 16416 (2015), que estabelece requisitos e procedimentos para pavimentos permeáveis de concreto, adotou-se a placa de concreto permeável para tráfego leve. Utilizou-se o traço de 36kg de Cimento Portland Pozolânico CP IV-32 RS, 100 kg de agregado graúdo (seixo) e 12 litros de água.

Após mistura em betoneira, o concreto homogêneo foi colocado em formas de paralelepípedo. O traço de cimento/agregado graúdo foi de 1:3 e a relação água/cimento de 0,33. O bloco é a camada final do sistema drenante (Figura 3), inserido acima da camada de assentamento. O corpo de prova foi submetido a teste à compressão simples para definir peso suportado, sendo comparado após o teste com o estabelecido na NBR citada acima.



Figura 3 – Peças de concreto final de pavimentação drenante

Fonte: Autores (2020)

Para avaliar a capacidade máxima dos sistemas, foi inserida uma vazão de 0,10 L/s durante duas horas. Os sistemas completos estão exibidos na Figura 4.



Figura 4 – Sistema completo para as tubulações de 150mm e 200mm

Fonte: Autores (2020)

## 2.4 Dimensionamento da Chuva de Projeto e Camada Reservatório.

Para a chuva de projeto foi utilizada a fórmula do estudo de Souza et al. (2012) proposta para a cidade de Belém-PA, onde o resultado obtido foi de 55,2 mm/hora. Simulou-se a chuva manualmente com o auxílio de uma mangueira, distribuindo a água de forma uniforme nos sistemas.

$$I = \frac{K \times TR^a}{(t+b)^c} \quad (3)$$

Onde: I= intensidade de precipitação (mm/h); TR= tempo de retorno (10 anos); t= tempo de duração da chuva (60 min); K, a, b, c= coeficientes ajustados para chuvas intensas para Belém, onde K= 960,5846, a= 0,0954, b= 9,7993, c= 0,7245.

A camada do reservatório foi constituída de agregado graúdo (seixo) retido nas peneiras 9,5 e 19mm. Feito o preenchimento da camada até sua altura total. O cálculo do dimensionamento foi o seguinte:

$$H = \frac{D}{N} \times (R \times I - Q) \quad (4)$$

Onde: H= altura da camada de reservatório; D= duração da chuva em horas (adotou-se 01 hora); N= porosidade do material agregado graúdo (seixo); R=  $A_p/A_b$ ;  $A_p$ = área impermeável de contribuição;  $A_b$ = área do pavimento permeável em si; I= intensidade de precipitação (0,05522 m/hora); Q= condutividade hidráulica do solo (0,00417m/hora).

A área impermeável de 2m<sup>2</sup> foi estabelecida com bases em 1m<sup>2</sup> de cada lado, simulando uma calçada de um condomínio horizontal, por exemplo. O valor de intensidade de precipitação foi encontrado anteriormente no dimensionamento da chuva de projeto, definido pelo valor de 0,05522 m/hora. Para a duração de chuva, adotou-se o valor de 1 hora, de acordo com a NBR 16416 (2015). A porosidade considerada de 0,45 foi estabelecida a partir da Equação 5 a seguir, baseados na literatura de Suzuki, Azevedo e Kabbach Júnior (2013):

$$N = \frac{V_v}{V_t} \quad (5)$$

Onde: N= porosidade do material;  $V_v$ = volume de vazios, ar e água;  $V_t$ = volume total.

Acima da camada de reservatório foi inserida uma manta geotêxtil, com a finalidade de impedir que a camada de agregado miúdo de assentamento se misturasse a de reservatório.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Ensaios de Teste à Compressão do Pavimento Drenante

O corpo de prova da pavimentação drenante quando colocados em teste à compressão em prensa hidráulica (Figura 5), rompeu-se em 2,68 tonelada força (TF), que corresponde a 3,34 MPa. O resultado do teste atendeu o que estabelece a NBR 16416, para placas de concreto permeável ( $\geq 2,0$  MPa).



Figura 5 – corpo de prova em prensa hidráulica para teste à compressão

Fonte: Autores (2020)

### 3.1 Chuva de Projeto, Condutividade Hidráulica e Volumes Do Sistema

A chuva de projeto foi de 55,2 mm/h, inserida no sistema piloto das duas tubulações, e o sistema foi alimentado com volumes conhecidos. Concomitantemente, foi coletado o volume de saída e cronometrado o tempo do processo. Através dos ensaios foi obtido a média da condutividade hidráulica dos dois ensaios da tubulação de 150mm e dos dois ensaios de 200mm, calculados através da fórmula a seguir.

$$K = \frac{h.cam.}{t} \quad (6)$$

Onde: K= condutividade Hidráulica do sistema; h.cam.= altura total do sistema; t= tempo que a água levou para atravessar o sistema.

O 1º ensaio foi dividido em 12 partes em intervalos de 10 minutos, totalizando 02 horas, apesar de na fórmula ter sido adotado 01 hora, ou seja, a chuva de projeto foi aplicada durante duas horas, totalizando 110,4 litros inseridos em cada sistema. Essa medida justifica-se em razão de haver uma coleta maior de dados para comprovação da efetividade deste sistema. O mesmo ocorreu no 2º ensaio.

No sistema de tubulação de 150mm, houve uma drenagem de 101,2 L para o primeiro ensaio, enquanto no segundo foi de 105,66 L (Tabelas 1 e 2). A condutividade hidráulica

dos dois ensaios para o sistema de tubulação de 150mm foi de 0,298 cm/s, considerando altura de 80,5 cm e a média de tempo de infiltração dos dois ensaios de 270 segundos, ou seja, o tempo transcorrido entre a inserção do primeiro volume de água até o começo do escoamento no tubo de coleta.

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2 l	Litros de saída acumulado
09:49	9,2	9,2	09:54	0	0
09:59	9,2	18,4	10:18	9,2	9,2
10:09	9,2	27,6	10:30	9,2	18,4
10:19	9,2	36,8	10:43	9,2	27,6
10:29	9,2	46	10:53	9,2	36,8
<b>10:39</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>11:03</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
10:49	9,2	64,4	11:13	9,2	55,2
10:59	9,2	73,6	11:24	9,2	64,4
11:09	9,2	82,8	11:36	9,2	73,6
11:19	9,2	92	11:48	9,2	82,8
11:29	9,2	101,2	12:43	9,2	92
11:39	9,2	110,4	**	9,2	101,2

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 1 – 1º ensaio do sistema com tubulação de 150 mm

Fonte: Autores (2020)

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de coleta de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2 l	Litros de saída acumulado
12:21	9,2	9,2	12:25	0	0
12:31	9,2	18,4	12:45	9,2	9,2
12:41	9,2	27,6	12:57	9,2	18,4
12:51	9,2	36,8	13:07	9,2	27,6
13:01	9,2	46	13:17	9,2	36,8
<b>13:11</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>13:27</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
13:21	9,2	64,4	13:38	9,2	55,2
13:31	9,2	73,6	13:48	9,2	64,4
13:41	9,2	82,8	13:59	9,2	73,6
13:51	9,2	92	14:09	9,2	82,8
14:01	9,2	101,2	14:19	9,2	92
14:11	9,2	110,4	15:14	9,2	101,2
	**		**	4,46	105,66

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 2 – 2º ensaio do sistema com tubulação de 150 mm.

Fonte: Autores (2020)

Após a realização dos dois ensaios do sistema com tubulação de 200 mm (Tabela 3 e 4), verificou-se que no 1º ensaio houve a drenagem de 101,2 litros equivalente a 91,67% do total inserido no sistema que foi de 110,4 litros. Já no 2º ensaio houve a drenagem de 92,84 L, o que equivale a 84,1% do mesmo volume inserido no 1º e 2º ensaio.

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2l	Litros de saída acumulado
09:50	9,2	9,2	09:58	0	0
10:00	9,2	18,4	10:29	9,2	9,2
10:10	9,2	27,6	10:47	9,2	18,4
10:20	9,2	36,8	11:02	9,2	27,6
10:30	9,2	46	11:16	9,2	36,8
<b>10:40</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>11:30</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
10:50	9,2	64,4	11:42	9,2	55,2
11:00	9,2	73,6	11:55	9,2	64,4
11:10	9,2	82,8	12:08	9,2	73,6
11:20	9,2	92	12:27	9,2	82,8
11:30	9,2	101,2	14:18	9,2	92
11:40	9,2	110,4	**	9,2	101,2

Tabela 3 - 1º ensaio do sistema com tubulação de 200 mm

Fonte: Autores (2020)

Hora	Volume de entrada no sistema	Volume acumulado	Horário de saída de 9,2l	Volume de saída do sistema de 9,2l	Litros de saída acumulado
12:20	9,2	9,2	12:27	0	0
12:30	9,2	18,4	13:00	9,2	9,2
12:40	9,2	27,6	13:16	9,2	18,4
12:50	9,2	36,8	13:29	9,2	27,6
13:00	9,2	46	13:42	9,2	36,8
<b>13:10</b>	<b>9,2</b>	<b>55,2</b>	<b>13:53</b>	<b>9,2</b>	<b>46</b>
13:20	9,2	64,4	14:04	9,2	55,2
13:30	9,2	73,6	14:14	9,2	64,4
13:40	9,2	82,8	14:24	9,2	73,6
13:50	9,2	92	14:35	9,2	82,8
14:00	9,2	101,2	15:01	9,2	92
14:10	9,2	110,4	**	0,84	92,84

\*\*Não foi considerado tempo de saída total, visto que passou do limite de permanência no local do estudo, sendo considerado o volume de saída adquirido pela manhã seguinte.

Tabela 4 - 2º ensaio do sistema com tubulação de 200 mm.

Fonte: Autores (2020)

Como o sistema com tubulação de 200 mm tem altura de 93 cm e média do tempo de saída do primeiro volume dos dois ensaios foi de 450 s, foi encontrada a condutividade hidráulica do sistema de 200 mm, equivalente a 0,207 cm/s. Porém, a tubulação de 150mm mostrou condutividade superior à de 200mm (0,298 cm/s e 270 s)

Em relação ao primeiro ensaio dos dois sistemas, que o sistema com tubulação de 150mm drenou volume igual (92 L) que o de 200mm em tempo inferior, mostrando ser mais eficiente quanto ao tempo de drenagem (Figura 6). Acredita-se que essa diferença tenha sido causada por alta compactação da camada de reaterro no sistema com tubulação de 200mm, que possivelmente diminuiu a permeabilidade da camada. O tempo em que a água permanece na estrutura é de extrema importância, onde o efeito danoso do tráfego sobre os materiais saturados pode ocasionar uma redução da capacidade de suporte, levando à diminuição da vida útil do pavimento (SUZUKI; AZEVEDO; KABBACH JÚNIOR, 2013).

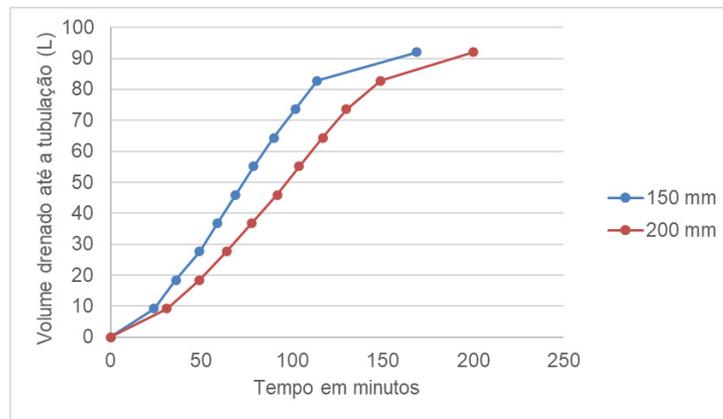


Figura 6 – Comparativo entre os sistemas com tubulação de 150mm e a de 200mm

Fonte: Autores (2020)

Avaliando a capacidade máxima do sistema com tubulação de 150mm, ao ser inserido 0,1 L/s por duas horas, com total de 720 L, o nível de água no reservatório foi correspondente a 15 cm, ou seja, 50% da altura do reservatório. Já no pavimento permeável, onde a altura é de 8 cm, a água atingiu 4,5 cm, o equivalente a 56,25% da altura do pavimento, pressupõe-se que a manta geotêxtil diminuiu a permeabilidade da camada de assentamento do sistema.

Ao ser inserido 0,1L/s por 44 minutos, totalizando 264 L, a capacidade máxima do sistema com tubulação de 200mm, atingiu a saturação total, criando uma lâmina d'água no pavimento permeável. Segundo Castro et al. (2012), a manta geotêxtil tem a finalidade de filtrar a água, entretanto, pode colmatar e não atender mais a sua funcionalidade. Além disso, os autores afirmam ainda que com a saturação do geotêxtil e a pressão que a água exerce para atravessá-lo, os agregados finos que foram anteriormente retidos, podem ser liberados aos poucos para dentro do reservatório.

Foi determinado para o sistema um tempo de retorno de 10 anos, onde ele se mostrou muito superior ao esperado. O tempo de retorno para os dois sistemas é mostrado a seguir:

$$TR = \sqrt[a]{\frac{I x(t+b)c^c}{K}} \quad (7)$$

Onde: I = volume suportado; K, a, b, c = coeficientes ajustados para chuvas intensas para Belém, onde K = 960,5846, a = 0,0954, b = 9,7993, c = 0,7245; t = duração da chuva (60 min.)

Para o sistema com tubulação de 150mm, o tempo de retorno obtido foi de 3.427.510.685 anos, e para o de 200 mm, um tempo de 132.752.919 anos. Foi realizada uma comparação com o tempo de retorno de uma usina hidrelétrica que utiliza 10.000 anos, ou seja, o resultado obtido dos dois sistemas foi considerado excelente para os parâmetros considerados para drenagem urbana.

Foi realizada uma nova simulação de enchimento do reservatório dos dois sistemas, objetivando stressá-los a fim de avaliar a capacidade máxima, ou seja, em quanto tempo

o sistema piloto iria drenar por completo o volume inserido de aproximadamente 140 litros, que foi adicionado de uma única vez. Verificou-se que no sistema com tubulação de 150mm o reservatório esvaziou em 35 minutos. Já no sistema com tubulação de 200mm, o tempo de esvaziamento foi de 1 hora e 08 minutos.

Baseando-se no Quadro 1, adaptado do guia American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), para o dimensionamento estrutural das camadas, considerando saturação de 50% na camada reservatório, a qualidade da drenagem foi considerada excelente, visto que os dois sistemas, drenou o volume total inserido em menos de 02 horas.

Qualidade de drenagem	Tempo U = 50%
Excelente	2 horas
Boa	1 dia
Regular	7 dias
Ruim	1 mês
Muito ruim	>1 mês

Quadro 1 - Relação entre tempo e qualidade da drenagem, segundo a AASHTO

Fonte: AASHTO, 1993.

O sistema foi considerado adequado para a utilização proposta, pois houve condutividade satisfatória de água drenada. A manta que recobriu os tubos apresentou impedimento da passagem de materiais finos, atendendo ao seu objetivo, entretanto, a manta pode ter sido responsável por diminuir a permeabilidade do volume de água drenado no sistema, no entanto, apesar da manta, os sistemas obtiveram resultados satisfatórios.

## 2 | CONCLUSÃO

O pavimento piloto proposto apresentou boa condutividade hidráulica, ou seja, houve drenagem satisfatória, diminuindo a contribuição superficial. O sistema suportou a chuva de projeto, calculado para 55,22 mm/h, extrapolado para duas horas de evento pluviométrico. Avaliou-se como excelente a capacidade máxima do sistema proposto ratificados pelos parâmetros da AASHTO e das Normas Brasileiras utilizadas, mesmo considerando que o sistema com tubulação de 150mm esvaziou em tempo menor que o de 200mm.

Recomenda-se para investigações futuras, o aumento da espessura do acrílico e melhora na vedação entre as faces de acrílico e madeirite para evitar o vazamento entre as junções. A substituição da manta geotêxtil na camada de assentamento por um material de menor granulometria que a da camada reservatório, pode ser considerada para aumentar a condutividade e otimizar os resultados.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (NBR 15645; **Execução de obras de esgoto sanitário e drenagem de águas pluviais utilizando-se tubos e aduelas de concreto**. Rio de Janeiro, 2008. 33p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (NBR 16416; **Pavimentos permeáveis de concreto** -

**Requisitos e procedimentos.** Rio de Janeiro, 2015. 30p.

AZZOUT, Yolande; CRES, François-Noël; BARRAUD, Sylvie. **Techniques alternatives en assainissement pluvial: choix, conception, réalisation et entretien.** Tec et doc, 1994.

AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Official. **Guide for design of pavement structures.**, Washington, DC, 1993.

BEUX, Fernanda Christine; OTTONI, Adacto Benedicto. Métodos Alternativos de Drenagem a Partir da Retenção e Infiltração das Águas de Chuva no Solo, Visando a Redução das Enchentes Urbanas. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 17, 2015.

BIRGANI, Yaser Tahmasebi; YAZDANDOOST, Farhad. An integrated framework to evaluate resilient-sustainable urban drainage management plans using a combined-adaptive MCDM technique. **Water Resources Management**, v. 32, n. 8, p. 2817-2835, 2018.

CASTRO, Andréa Souza et al. Avaliação da evolução do comportamento quantitativo de pavimentos permeáveis no controle do escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 18, n. 1, p. 263-273, 2013.

FARIA, Teresa de Jesus Peixoto; JUNIOR, Luiz de Pinedo Quinto. Rio e História Urbana: o papel do rio Paraíba do Sul na criação e desenvolvimento do município de Campos dos Goytacazes [RJ]. **Labor e Engenho**, v. 11, n. 2, p. 103-115, 2017.

MARUYAMA, Cintia Miua; FRANCO, Maria de Assunção Ribeiro. Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 4, n. 9, 2016.

SILVA, Fernando. Sistemas Construtivos: Pavimento de concreto permeável. **TÉCHNE**, novembro de 2012. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/190/pavimentos-de-concreto-permeavel-288015-1.aspx>>. Acesso em: 04 de jun. de 2019.

SOUZA, Rodrigo O. R. de M. et al. Equações de chuvas intensas para o Estado do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 9, p. 999-1005, 2012.

SUZUKI, Carlos Yukio; AZEVEDO, Angela Martins; JÚNIOR, Felipe Issa Kabbach. **Drenagem Subsuperficial de Pavimentos: conceitos e dimensionamento.** Oficina de Textos, 2013.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água 58, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 112, 113, 115, 116, 117, 160, 162, 163, 164, 165, 169, 171, 177, 178, 181, 183, 184, 185, 186, 188, 189, 191, 194, 201, 221, 222, 223, 224, 226, 232, 235, 236, 237, 238, 244, 246, 247, 248, 250, 251, 253, 254, 257, 262, 263, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 276, 277, 278, 297

Ar 66, 147, 148, 149, 151, 152, 158 83, 86, 139, 145, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 204, 238, 272

Aveiro 29, 31, 32, 33, 34, 37, 38, 39

### B

Bicicleta 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39

### C

Cadastro 208, 209, 210, 212, 213, 215, 217, 219, 220, 299, 302, 304, 305, 306, 307

Cidades inteligentes 1, 2, 6, 9, 10, 12, 13

Cidades tradicionais 1, 2, 4

Computadores 120, 129, 319

Construção civil 9, 85, 86, 87, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 109, 110, 112, 198, 221, 222, 231, 232, 234, 244, 247, 286, 294

### D

Desenvolvimento 3, 4, 6, 13, 16, 18, 23, 31, 32, 40, 42, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 86, 91, 93, 103, 127, 129, 176, 179, 180, 181, 187, 200, 222, 266, 267, 268, 279, 281, 297, 306, 307, 321, 326, 327, 328, 329, 331

Diesel 63, 85, 94, 95, 96, 97

### E

Educação ambiental 99, 103, 105, 106, 109, 327

Empresas 48, 86, 89, 91, 99, 110, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 224, 297

Estabilização 195, 233, 234, 235, 237, 243

### G

Geração de Resíduos 98

Gestão Territorial 53, 208, 209

### L

Lava-rodas 85, 94, 95

Lisboa 14, 15, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 39, 59, 294, 319

Logística Reversa 119, 120, 129

## M

Mapeamento 98, 99, 105, 106, 108, 109, 299, 300, 301, 310

Mobilidade 14, 29, 34, 39, 151

Mobilidade urbana 14, 15, 18, 20, 29, 30, 39, 55

## O

Óleo 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97

## P

Parcelas 66, 72, 133, 135, 136, 208, 210, 211, 214, 216, 217, 218

Passageiros 10, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 282

Pavimentação 109, 233, 234, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 252, 253, 254, 266, 268, 271, 273

Planejamento 8, 10, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 54, 56, 58, 66, 101, 103, 121, 148, 177, 217, 299, 309, 310

## Q

qualidade 3, 8, 10, 12, 22, 30, 38, 56, 86, 103, 120, 148, 149, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 180, 185, 200, 217, 221, 223, 224, 230, 234, 258, 259, 264, 268, 278, 281, 289, 292, 294, 298, 299, 300, 309, 313, 320

Qualidade 66, 85, 148, 151, 223, 278, 332

## R

Rede ciclável 14, 15, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 34, 38

Regional 13, 17, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 50, 72, 96, 294, 295

Resíduos 9, 86, 92, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 187, 188, 196, 222, 231, 232, 245, 247, 269

## S

Separador 85, 94, 95

SINTER 12, 208, 209, 210, 211, 217, 218, 219

Suporte 233, 237, 239, 243, 320, 321, 322

Sustentabilidade 98, 129, 222, 232, 308, 319

## T

Tecnologia 11, 12, 51, 85, 96, 97, 110, 112, 119, 147, 199, 221, 232, 265, 294, 319, 332

Tierra 135, 145

Tijolo solo-cimento 222, 225

Tipologias Cicloviárias 29

Tráfego 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 31, 32, 34, 35, 36, 38, 91, 148, 153, 157, 158, 233, 243, 252, 268, 270, 276, 283, 285, 288, 289, 292, 293, 294, 313, 317

Transporte Ferroviário 51, 54

Transportes 18, 20, 21, 23, 25, 40, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 66, 67, 95

Tratamento de Esgoto 199, 204

## U

Urbanização 1, 2, 4, 5, 13

Urbano 10, 2, 3, 4, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 65, 66, 67, 69, 71, 72, 75, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 140, 141, 143, 144, 145, 148, 150, 158, 175, 211, 217, 220, 231, 294, 309

## V

Veículos 6, 16, 17, 21, 25, 34, 35, 36, 41, 50, 55, 58, 60, 65, 88, 92, 94, 147, 148, 150, 153, 157, 158, 285, 310, 311, 313, 318

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**