



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

**Atena**  
Editora

Ano 2020



Helenton Carlos Da Silva  
(Organizador)

# Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental 4

**Atena**  
Editora

Ano 2020



2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação:** Geraldo Alves

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice

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

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

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

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

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

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

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

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

### **Conselho Técnico Científico**

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



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

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

D371 Demandas essenciais para o avanço da engenharia sanitária e ambiental 4 [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
 Modo de acesso: World Wide Web  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-85-7247-952-3  
 DOI 10.22533/at.ed.523202101

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Silva, Helenton Carlos da.

CDD 628.362

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

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

## APRESENTAÇÃO

A obra “*Demandas Essenciais para o Avanço da Engenharia Sanitária e Ambiental*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu III volume, apresenta, em seus 29 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da importância da engenharia sanitária e ambiental, tendo como base suas demandas essenciais interfaces ao avanço do conhecimento.

Os serviços inerentes ao saneamento são essenciais para a promoção da saúde pública, desta forma, a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui fator de prevenção de doenças, onde a água em quantidade insuficiente ou qualidade imprópria para consumo humano poderá ser causadora de doenças; observa-se ainda o mesmo quanto à inexistência e pouca efetividade dos serviços de esgotamento sanitário, limpeza pública e manejo de resíduos sólidos e de drenagem urbana.

Destaca-se ainda que entre os muitos usuários da água, há um setor que apresenta a maior interação e interface com o de recursos hídricos, sendo ele o setor de saneamento.

O plano de saneamento básico é o instrumento indispensável da política pública de saneamento e obrigatório para a contratação ou concessão desses serviços. A política e o plano devem ser elaborados pelos municípios individualmente ou organizados em consórcio, e essa responsabilidade não pode ser delegada. O Plano deve expressar o compromisso coletivo da sociedade em relação à forma de construir o saneamento. Deve partir da análise da realidade e traçar os objetivos e estratégias para transformá-la positivamente e, assim, definir como cada segmento irá se comportar para atingir as metas traçadas.

Dentro deste contexto podemos destacar que o saneamento básico é envolto de muita complexidade, na área da engenharia sanitária e ambiental, pois muitas vezes é visto a partir dos seus fins, e não exclusivamente dos meios necessários para atingir os objetivos almejados.

Neste contexto, abrem-se diversas opções que necessitam de abordagens disciplinares, abrangendo um importante conjunto de áreas de conhecimento, desde as ciências humanas até as ciências da saúde, obviamente transitando pelas tecnologias e pelas ciências sociais aplicadas. Se o objeto saneamento básico encontra-se na interseção entre o ambiente, o ser humano e as técnicas podem ser facilmente traçados distintos percursos multidisciplinares, potencialmente enriquecedores para a sua compreensão.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados a estas diversas demandas essenciais do conhecimento da engenharia sanitária e ambiental. A importância dos estudos dessa vertente é notada no cerne da produção do



conhecimento, tendo em vista o volume de artigos publicados. Nota-se também uma preocupação dos profissionais de áreas afins em contribuir para o desenvolvimento e disseminação do conhecimento.

Os organizadores da Atena Editora agradecem especialmente os autores dos diversos capítulos apresentados, parabenizam a dedicação e esforço de cada um, os quais viabilizaram a construção dessa obra no viés da temática apresentada.

Por fim, desejamos que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

Helenton Carlos da Silva

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	
Artemisa Fontinele Frota Luís Henrique Magalhães Costa Rafael Pereira Maciel Marco Aurélio Holanda De Castro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021011</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>25</b>
POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE	
Angela Maria Coêlho de Andrade Caio Cesário de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021012</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>38</b>
AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA	
Felipe R. A. dos Santos Clément Van Vlierberghe Guilherme F. Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021013</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>52</b>
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO ( <i>Zea mays</i> L.)	
Rhégia Brandão da Silva Leonardo Duarte Batista da Silva Alexandre Lioi Nascentes Antonio Carlos Faria de Melo Dinara Grasiela Alves Everaldo Zonta João Paulo Francisco Marcos Filgueiras Jorge	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021014</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>76</b>
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS	
Lenise Farias Martins Rafael Pereira Maciel Luis Henrique Magalhães Costa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5232021015</b>	



**CAPÍTULO 6 ..... 86**

ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM MATEMÁTICA DE UM REATOR ANAERÓBIO HORIZONTAL DE LEITO FIXO (RAHLF) PARA TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE SINTÉTICO CONTENDO D-LIMONENO

Arnaldo Sarti  
Bruna Sampaio de Mello  
Brenda Clara Gomes Rodrigues  
Maria Angélica Martins Costa  
Samuel Conceição de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.5232021016**

**CAPÍTULO 7 ..... 98**

ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Marcos Henrique Vieira de Mendonça  
Hudson Tiago dos S. Pedroso

**DOI 10.22533/at.ed.5232021017**

**CAPÍTULO 8 ..... 111**

ESTUDO DA VULNERABILIDADE DA ÁGUA SUBTERÂNEA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI (BELÉM-PA)

Ana Carla Leite Carvalho  
Leonardo Augusto Lobato Bello  
Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes  
Marco Valério Albuquerque Vinagre

**DOI 10.22533/at.ed.5232021018**

**CAPÍTULO 9 ..... 122**

ESTUDO DE ÁREA DE RISCO DEVIDO À EROSÃO HÍDRICA EM TRECHO DO CÓRREGO AFONSO XIII EM TUPÃ / SP – CAUSAS E SOLUÇÃO

José Roberto Rasi  
Roberto Bernardo  
Cristiane Hengler Corrêa Bernardo

**DOI 10.22533/at.ed.5232021019**

**CAPÍTULO 10 ..... 136**

FATORES DETERMINANTES PARA GESTÃO DA MANUTENÇÃO ELETROMECÂNICA EFICAZ EM UMA EMPRESA DE SANEAMENTO

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz  
Tiago Pontual Waked  
Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha

**DOI 10.22533/at.ed.52320210110**

**CAPÍTULO 11 ..... 145**

FISCALIZAÇÃO TÉCNICO-OPERACIONAL REMOTA DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO DE ÁGUA E ESGOTO – DO PLANEJAMENTO A EXECUÇÃO

Flávia Oliveira Della Santina  
Rodolfo Gustavo Ferreras

**DOI 10.22533/at.ed.52320210111**

<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>161</b>
GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO	
Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo Simone Rosa da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210112</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>180</b>
APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO	
Luiz Claudio Drumond	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210113</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>190</b>
METODOLOGIA DE LEVANTAMENTO DE DADOS DE PROJETO DE SANEAMENTO APLICADA AO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA PRESIDENTE JUSCELINO KUBITSCHKE UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET	
Stefan Igreja Mühlhofer Carolina Silva de Oliveira Sá Teles	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210114</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>204</b>
VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN	
Julyenne Kerolainy Leite Lima Marília Adelino da Silva Lima Teonia Casado da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210115</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>212</b>
OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M <sup>3</sup> , SISTEMA PIRAPAMA-PE)	
Hudson Tiago dos S. Pedrosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210116</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>228</b>
PERSPECTIVA DOS 20 ANOS DA LEI N°9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES DE RECURSOS HÍDRICOS ACERCA DO ENQUADRAMENTO DE CORPOS D'ÁGUA	
Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210117</b>	



<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>238</b>
PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO	
Luis Henrique Pereira da Silva Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz Leonardo Nascimento de Oliveira Milton Tavares de Melo Neto Hudson Tiago dos Santos Pedrosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210118</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>247</b>
PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO	
Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa Lidia Yokoyama Sérgio Pagnin Andréa Azevedo Veiga	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210119</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>260</b>
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM SANEAMENTO	
Ricardo Martins Anderson Sandrini Botega Eduardo Silvano Batista Gislaine Lonardi Katia Viviane Motta Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210120</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>274</b>
PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE	
Manuella Andrade Swierczynski	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210121</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>293</b>
PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES	
Roberto Santos de Oliveira Julio Cesar Oliveira Antunes Lucas Olive Pinho Silva Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52320210122</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>305</b>
PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM	
Marcos André Capitulino de Barros Filho Pedro Henrique Matias Dantas	

Lucas Vieira Fernandes  
Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior  
**DOI 10.22533/at.ed.52320210123**

**CAPÍTULO 24 ..... 318**

QUALIDADE DA ÁGUA DOS POÇOS DO BAIRRO JARDIM CABANO DA VILA DOS CABANOS, MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Claudio Farias de Almeida Junior  
Ronaldo Pimentel Ribeiro  
Mirian Favacho da Silva Ramos  
Amanda Ingrid da Silva Therezo  
Márcia de Almeida  
Marcos Antônio Barros dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.52320210124**

**CAPÍTULO 25 ..... 327**

RECUPERAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM POÇOS TUBULARES PROFUNDOS: O CASO DE VALE DO CATIMBAU

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz  
Paulo César Nunes Pinho  
José Antônio Charão Cunha  
Luis Henrique Pereira da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.52320210125**

**CAPÍTULO 26 ..... 338**

RESPONSABILIDADE SOCIAL E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. AÇÕES QUE FIZERAM A DIFERENÇA NA COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/PORTO DE SANTARÉM – PARÁ – AMAZÔNIA

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade  
Andrelle Soares Dantas Faria  
Paula Danielly Belmont Coelho

**DOI 10.22533/at.ed.52320210126**

**CAPÍTULO 27 ..... 349**

SANEAMENTO DE QUALIDADE É CONSTRUÍDO COM FOCO EM GESTÃO: A EXPERIÊNCIA DA EMBASA – UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA COM A IMPLANTAÇÃO DO MEG

Sebastiana Flávia Lima dos Santos  
Gustavo Lima Magalhães Ferreira

**DOI 10.22533/at.ed.52320210127**

**CAPÍTULO 28 ..... 360**

TOXICOLOGIA AGUDA DE *Rhamdia quelen* EXPOSTOS A XENOBIÓTICOS UTILIZADOS EM LAVOURAS ARROZEIRAS

Jaqueline Ineu Golombieski  
Débora Seben  
Joseânia Salbego  
Elisia Gomes da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.52320210128**

<b>CAPÍTULO 29 .....</b>	<b>370</b>
--------------------------	------------

**TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE MORINGA OLEIFERA**

Edilaine Regina Pereira  
Maik Mauro Alves  
Bruna Ricci Bicudo  
Dandley Vizibelli  
Fellipe Jhordã Ladeia Janz

**DOI 10.22533/at.ed.52320210129**

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>383</b>
---------------------------------	------------

<b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>	<b>384</b>
-------------------------------	------------

## ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DE PERDAS ATRAVÉS DO CONTROLE DE PRESSÃO – MODELO HIDRÁULICO DO SISTEMA MORROS DA ZONA NORTE DO RECIFE-PE

Data de aceite: 09/01/2020

### Marcos Henrique Vieira de Mendonça

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento - COMPESA

E-mail: marcosmendonca@compesa.com.br

### Hudson Tiago dos S. Pedrosa

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Recursos Hídricos e Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco (PPGEC/UFPE). Analista de Saneamento da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

**RESUMO:** A demanda da água no meio urbano cresce aceleradamente, acompanhando o aumento da população, das indústrias e de todas as atividades que utilizam a água em algum ponto de seu processo. Logo os sistemas de abastecimento de água ficam defasados ao passar dos anos, ultrapassando a estimativa de demanda do projeto inicial. Podemos acrescentar a esta situação desconfortável para as Companhias de Saneamento atuantes no Brasil a questão das “perdas” da água tratada na distribuição da mesma. Segundo a IWA (Associação Internacional da Água), definem-se perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que

determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional”. Este estudo faz uma análise da redução de perdas na Adutora de Água Tratada - AAT do Sistema de Alto do Céu, com a intenção de reduzir os custos com energia na operação da Estação Elevatória, ou então aumentar a oferta de água para outras áreas que sofrem com o rodízio do abastecimento. Neste estudo buscamos atuar apenas na redução das perdas físicas, pois as perdas aparentes estão intimamente ligadas com a área comercial, da adutora de água tratada, com instalação de Válvulas Reguladoras de Pressão – VRP’s ao longo de algumas “sangrias” da mesma, além da comparação entre a já consagrada fórmula da vazão de vazamentos de FAVADE e a dos dispositivos emissores disponíveis no software EPANET.

**PALAVRAS-CHAVE:** Redução de Perdas, Eficiência Hidro-Energética, Modelagem Hidráulica.

### LOSS REDUCTION ESTIMATE THROUGH PRESSURE CONTROL - HYDRAULIC MODEL OF THE RECIFE-PE NORTHERN ZONE DEAD SYSTEM

**ABSTRACT:** Demand for water in urban areas is growing rapidly, following the increase in population, industry and all activities that use

water at some point in their process. Soon water supply systems are lagging over the years, exceeding the initial projected demand estimate. We can add to this uncomfortable situation for Sanitation Companies operating in Brazil the issue of “losses” of treated water in its distribution. According to IWA (International Water Association), losses are defined as “any actual or apparent loss of water or any unauthorized consumption that causes an increase in operating cost or prevents the full realization of operating income”. This study analyzes the reduction of losses in the Alto do Céu System Treated Water Pipeline - AAT, with the intention of reducing energy costs in the operation of the Pumping Station, or increasing the supply of water to other areas that suffer with the supply caster. In this study we seek only to reduce physical losses, as the apparent losses are closely linked with the commercial area, the treated water pipeline, with the installation of Pressure Regulating Valves - VRP’s along some of its bleeds, in addition to the comparison between the well-known FAVADE leakage formula and the emitting devices available in the EPANET software.

**KEYWORDS:** Loss Reduction, Hydro-Energy Efficiency, Hydraulic Modeling.

## INTRODUÇÃO

A demanda da água no meio urbano cresce aceleradamente, acompanhando o aumento da população, das indústrias e de todas as atividades que utilizam a água em algum ponto de seu processo. Logo os sistemas de abastecimento de água ficam defasados ao passar dos anos, ultrapassando a estimativa de demanda do projeto inicial. Podemos acrescentar a esta situação desconfortável para as Companhias de Saneamento atuantes no Brasil a questão das “perdas” da água tratada na distribuição da mesma.

No Brasil, agências reguladoras têm buscado estabelecer metas de desempenho para as concessionárias dos serviços de abastecimento de água, a fim de reduzir o desperdício de recursos naturais e alcançar melhor desempenho gerencial. Entretanto, esse é ainda um desafio para a maioria dessas concessionárias, nas quais se observam um forte impacto econômico e ambiental decorrente dos elevados índices de perda de água (SILVA, Pádua e Borges, 2016).

É também relevante lembrar que a potencialização dos resultados claudicantes no combate às perdas no Brasil, revelado pela grave situação de desequilíbrio entre a oferta e a demanda no Sudeste, remete à necessidade de revisar conceitos e práticas para a redução de perdas em regiões como o Nordeste brasileiro, onde é secular o convívio com crises hídricas e, paradoxalmente, ostenta elevadas perdas nos sistemas de adução e distribuição nas suas áreas urbanas e rurais (ABES, 2015).

Até o final do século passado, não havia um entendimento comum sobre o que eram as “perdas” nos sistemas públicos de abastecimento de água. Com o intuito de dirimir esta problemática, a International Water Association - IWA constituiu um grupo-



tarefa para estudar, discutir e propor uma padronização mundial de terminologia, conceitos e indicadores de perdas em sistemas públicos de abastecimento de água, chegando ao conhecimento das Empresas e profissionais de Saneamento no Brasil por volta do ano 2000 (ABES, 2015).

Segundo a IWA (Associação Internacional da Água), definem-se perdas como “toda perda real ou aparente de água ou todo o consumo não autorizado que determina aumento do custo de funcionamento ou que impeça a realização plena da receita operacional” (FUNASA, 2014).

As Perdas Reais referem-se aos vazamentos em várias partes do sistema e extravasamentos em reservatórios de água tratada (ou seja, as “perdas físicas” de água), enquanto que as Perdas Aparentes referem-se às águas que são consumidas, mas não são faturadas pela companhia de saneamento (“perdas comerciais”), decorrentes, principalmente, de submedição nos hidrômetros e fraudes (ABES, 2015).

As consequências diretas do combate às perdas são a economia com a oferta de água para a mesma demanda de área abastecida, diminuindo desta forma os custos com a energia necessária para a operação da Estação Elevatória de Água Tratada – EEAT. Estudos realizados afirmam que 2,5% de toda energia elétrica produzida no Brasil é usado para manter as empresas de saneamento operando (ALBANEZE, 2012).

Nos Estados Unidos o saneamento é responsável por cerca de 3 a 4% do consumo total de energia do país. Esses sistemas são responsáveis por 30 a 40% do consumo total de energia dos governos municipais (EPA, 2012 apud BEHANDISH, 2014).

No entanto, o grande consumo de energia elétrica dificulta o equilíbrio financeiro das empresas de saneamento, já que este passivo é a segunda maior despesa das empresas e 90% desta energia elétrica devem-se às estações elevatórias (TSUTIYA, 2004).

A preocupação quanto à possibilidade da falta de suprimento de energia elétrica remete à necessidade de avaliar que maneira esse tipo de insumo vem sendo utilizada. Isso torna evidente que o problema não se limita apenas à necessidade de gerar cada vez mais energia, mas, primeiramente, a eliminar desperdícios, buscando o máximo de desempenho com o mínimo de consumo (SOUSA, 2010).

A energia elétrica é necessária para transportar a água através dos sistemas, por isto, tão importante quanto as medidas de diminuição do consumo de água, são as ações operacionais no processo de melhoria dos sistemas de distribuição (GOMES, 2005). Logo implantações de programas e medidas que reduzem o custo com energia e também as perdas do sistema de distribuição é de suma importância para a saúde financeira das empresas que operam os sistemas de água e esgoto.

O presente estudo pretende demonstrar a redução das perdas na Adutora de Água Tratada - AAT do Sistema Alto do Céu, nos morros da zona norte do Recife-PE, reduzindo conseqüentemente os custos com a energia na operação da Estação Elevatória Alto do Céu, buscando atender a demanda com mais eficiência no requisito de custo com energia elétrica ou aumentar a oferta da água, com a diminuição das perdas, para outras áreas que sofrem com o rodízio praticado pela Compesa. A busca pela redução das perdas está ligada diretamente com a melhoria do abastecimento da população dos Morros da Zona Norte da Região Metropolitana do Recife, como também, na redução do custo energético, pois a estação elevatória de Alto do Céu tem um custo relevante com energia elétrica para a empresa pernambucana de saneamento.

Este estudo faz uma análise da redução de perdas na AAT do Sistema de Alto do Céu, com a intenção de reduzir os custos com energia na operação da Estação Elevatória, ou então aumentar a oferta de água para outras áreas que sofrem com o rodízio do abastecimento. Neste estudo buscamos atuar apenas na redução das perdas físicas, pois as perdas aparentes estão ligadas intimamente com a área comercial, da adutora de água tratada, com instalação de Válvulas Reguladoras de Pressão – VRRP's ao longo de algumas "sangrias" da mesma.

O presente estudo utilizou a ferramenta EPANET para a modelagem do sistema, haja vista que, a utilização de softwares como ferramenta na gestão operacional de sistemas de distribuição de água tem se tornado cada vez mais frequente, visto que os mesmos nos fornecem uma visão sistêmica do abastecimento de água e o acompanhamento contínuo dos parâmetros hidráulicos.

## OBJETIVO

O objetivo a ser alcançado é estimar a redução das perdas através do controle da pressão ao longo das "sangrias" da adutora dos Morros da Zona Norte de Recife. O presente estudo também pretende ajustar os parâmetros entre a aplicação da fórmula que relaciona a pressão com a vazão de vazamento e a modelagem da relação entre pressão e vazão efluente de dispositivos emissores (p.ex. aspersores de irrigação, ou consumos dependentes da pressão) contido no modelo EPANET. Os dispositivos emissores são utilizados para modelar o escoamento em sistemas com aspersores e em redes de irrigação. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações (se o coeficiente de vazão e o expoente da pressão, para a perda na junta ou fissura poderem ser estimados).

## METODOLOGIA

### Modelo hidráulico

O modelo hidráulico foi construído buscando a melhor representação do sistema atual, levando em consideração as informações dos elementos físicos como perfil das adutoras, cotas, diâmetro da rede, curvas dos conjuntos motor-bombas entre outros elementos existentes do sistema. Esses foram obtidos através de cadastro técnico da Companhia Pernambucana de Saneamento.

Foi realizado o cálculo da demanda com base na população cadastrada nos bancos de dados da Companhia Pernambucana de Saneamento, assim como do cadastro da adutora para a elaboração do modelo hidráulico, bem como da rede de distribuição do Sistema Alto do Céu (Figura 1), observamos também o esquema da distribuição baseado no calendário de abastecimento do morro da zona norte da RMR (Figura 2).

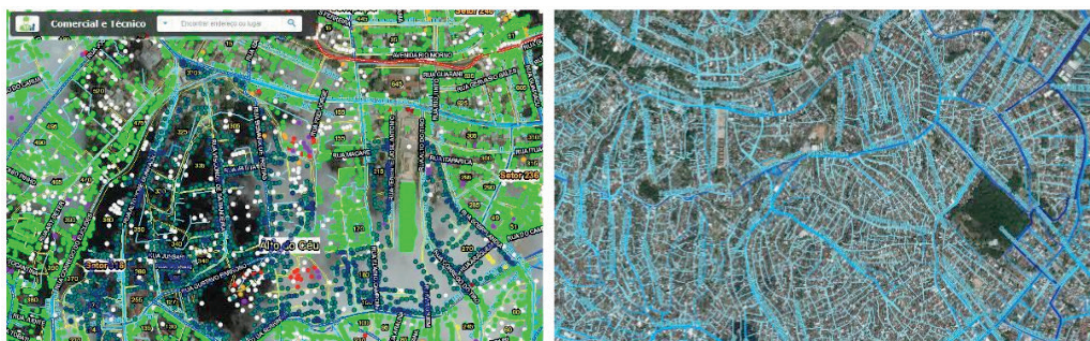


Figura 1 – População Atendida - Cadastro Técnico da Adutora e da Rede de Abastecimento.



Figura 2 – Calendário de Abastecimento.

Para o levantamento das cotas dos pontos com o intuito de elaborar o modelo hidráulico foi utilizado o software quantum gis - QGIS, com multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, combinado com os Modelos Digitais de Terreno (MDT), Modelos



Digitais de Elevação (MDE) e imagens de Intensidade Hipsométrica do Pernambuco Tridimensional – PE3D, que é o recobrimento aerofotogramétrico e perfilamento a laser com precisão altimétrica de até 10 cm (Figura 3).



Figura 3 – Representação da Rede no QGIS com a utilização do MDT extraído do PE3D.

O modelo contempla a produção da ETA Alto do Céu, passando pelo Poço de Sucção e pela EE dos Morros da Zona Norte, passando pelas duas Adutoras de Água Tratada, uma com o Diâmetro Nominal - DN 250mm e outra com DN 300mm, passando pelo REL - Reservatório Elevado Alto do Deodato e finaliza no bairro de Alto José Bonifácio, representando também a rede de distribuição.

### Calibração do modelo

A calibração do modelo se deu através de dados obtidos na própria EE dos Morros, com os dados de vazão e pressão do Conjunto Motobomba – CMB da Adutora de DN 250mm e do CMB da Adutora de DN 300mm (Figura 4).

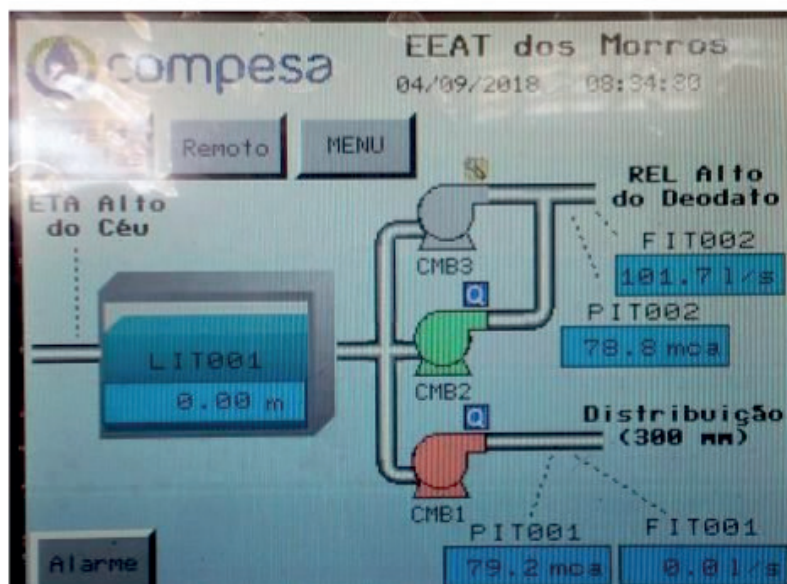


Figura 4 – Dados da Vazão e da Pressão das duas EE's do Sistema Alto do Céu.

Os dispositivos emissores estão associados a nós que modelam o escoamento através de orifícios ou bocais com descarga direta para a atmosfera. A vazão através destes dispositivos varia em função da pressão no nó, de acordo com uma lei de vazão do tipo:

$$q = C \cdot p^y; \text{ onde:}$$

$q$  = vazão

$p$  = pressão

$C$  = coeficiente de vazão

$y$  = expoente do emissor.

Os dispositivos emissores são utilizados para modelar o escoamento em sistemas com aspersores e em redes de irrigação. Estes dispositivos também podem ser utilizados para simular perdas em tubulações (se o coeficiente de vazão e o expoente da pressão, para a perda na junta ou fissura puderem ser estimados – Figura 5). O coeficiente de vazão foi atribuído valores até alcançar os valores das perdas do sistema real.



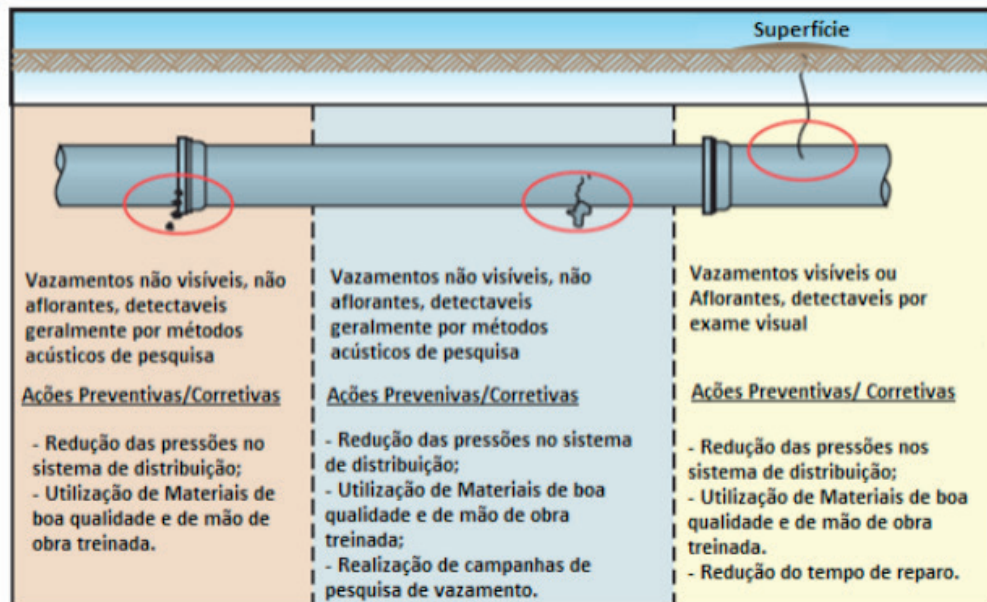


Figura 5 – Perdas em tubulações.

Para comparativo aplicamos, neste estudo, a equação que relaciona diretamente a vazão de vazamento com a pressão, através da utilização do conceito FAVAD (Fixed and Variable Areas) desenvolvido e utilizado no Japão desde 1979. O conceito do FAVAD permite através da aplicação da equação, apresentada a seguir, a análise e a previsão de alterações na vazão de vazamento (de  $Q_0$  para  $Q_1$ ) em função das variações de pressão (de  $P_0$  para  $P_1$ ). Como a tubulação da adutora e as suas “sangrias” são em geral de material misto, ou seja, de ferro fundido, PVC DeFoFo, entre outros, torna-se convencional usar como valor do N1 (expoente da relação pressão/vazão do vazamento) 1,15.

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{N1}$$

Onde:

$P_0$  = pressão inicial na rede;

$P_1$  = pressão final na rede;

$Q_0$  = vazão inicial dos vazamentos;

$Q_1$  = vazão final dos vazamentos;

N1 = expoente da relação pressão/vazão do vazamento, com base no material empregado.

Fazendo-se  $Q_1 = q$ ,  $P_1 = p$  e  $N_1 = y$ , para chegarmos na fórmula utilizada pelo Epanet para a modelagem de escoamento através de orifícios ou bocais com descarga direta para a atmosfera:  $q = C \cdot p^y$ , podemos utilizar o valor do coeficiente de vazão como:  $C = Q_0/P_0^{N1}$ .

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)^{N1}$$

$$Q_1 = (Q_0/P_0^{N1}) \cdot P_1^{N1}$$

Para:

$$Q_1 = q$$

$$P_1 = p$$

$$N_1 = y$$

$$C = Q_0/P_0^{N_1}$$

$$q = C.p^y$$

## RESULTADOS/CONSIDERAÇÕES

Atualmente a vazão de recalque da estação elevatória de Alto de Céu é cerca de 200 L/s. São dois conjuntos motobombas ligados 24 horas, com uma despesa de aproximadamente R\$ 388.000,00 por mês, com energia elétrica e o tratamento da água.

Mantendo as demandas atuais, com ajuda do ambiente GIS e o software EPANET, posicionamos e dimensionamos as VRP's nos locais com altas pressões identificadas na simulação. Foram locadas 11 VRP's em todas as áreas dos morros da Zona Norte de Recife. Podemos verificar a diminuição acentuada da pressão na rede de distribuição através dos gráficos das isolinhas de pressão (Figura 5), acarretando automaticamente em uma economia na oferta de água, verificando as vazões das duas elevatórias do sistema.

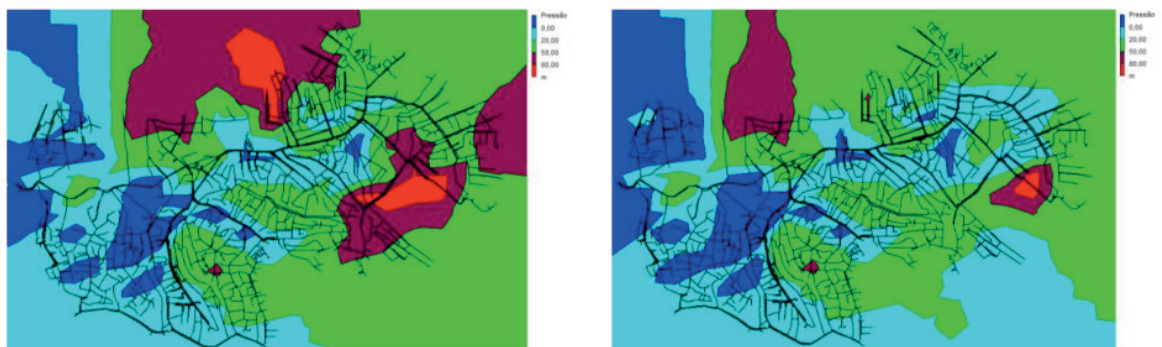


Figura 6 – Gráfico das Isolinhas de Pressão antes e depois do controle de pressão.

Podemos verificar que com a medida proposta houve uma redução da demanda de água em torno de 30 l/s, representando um volume não produzido de aproximadamente 78 mil m<sup>3</sup>/mês, proporcionando uma economia no custo de energia em torno de R\$ 16 Mil/mês com a estação elevatória e com a estação de tratamento de água do Sistema Aldo Céu.

A proposta deste estudo é a comparação entre a fórmula da vazão de vazamentos e os dispositivos emissores disponíveis no software EPANET, para a realização da simulação hidráulica. Na simulação realizada ficaram evidentes que em ambas as equações há uma redução de vazamentos pelo controle de pressão, e que a vazão de vazamentos calculada pelas mesmas é praticamente igual.

Através das simulações realizadas através do EPANET, a primeira sem a utilização de VRP's e posteriormente com a instalação de VRP's em locais estratégicos, emitimos relatórios de tabela da rede com os respectivos consumos e pressões dos nós da área denominada ALTO DO CÉU - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO/ÁREA 02 - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO, conforme a figura 7.

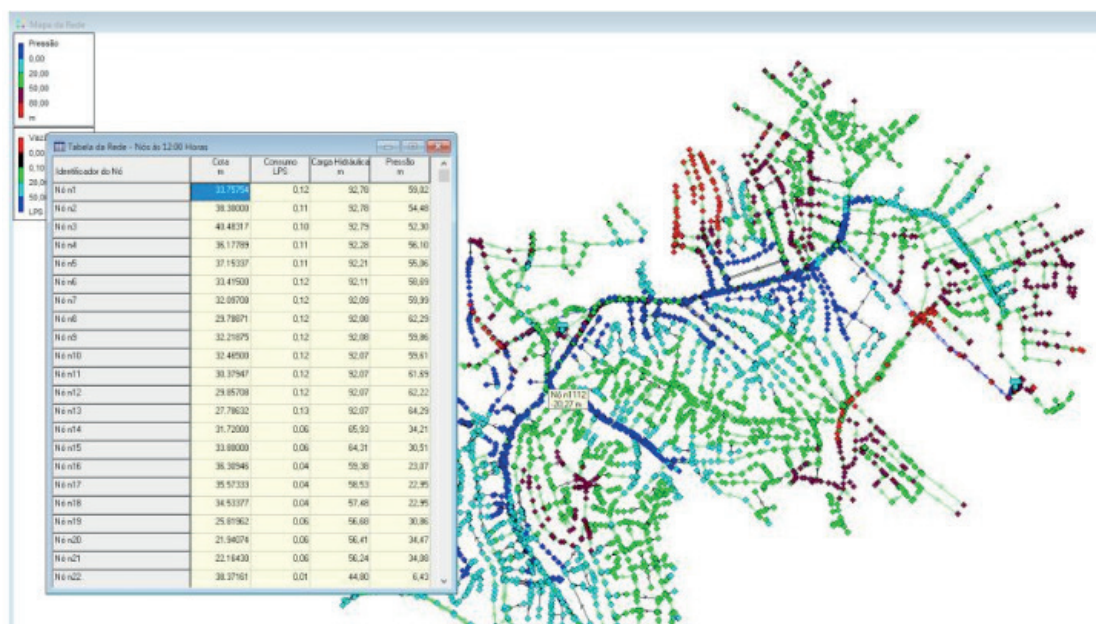


Figura 7 – Relatório de Consumo e Pressão dos Nós da área ALTO DO CÉU - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO/ÁREA 02 - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO.

Com a quantidade de economias desta área, calculamos a demanda necessária para abastecê-la, através da fórmula para a vazão máxima horária:

$$Q = (K_1 \cdot K_2 \cdot q \cdot P) / 86.400$$

Onde:

Q: Vazão máxima horária da área etendida (l/s)

q: Consumo “per capta” (l/hab/dia).

$K_1$ : Coeficiente do dia de maior consumo.

$K_2$ : Coeficiente da hora de maior consumo.

P: População servida (hab.).

Número de economias = 1.596

$P = 3,5 \times 1.596 = 5.586$  habitantes

$q = 120$  l/hab/dia, para comunidades de pequeno porte ( $P \leq 10.000$  hab), ou para agrupamentos subnormais das cidades de médio e grande porte (morros, favelas, invasões, etc).

$$K_1 = 1,2$$

$$K_2 = 1,5$$

$$Q = (1,2 \times 1,5 \times 120 \times 5.586) / 86.400$$

$$Q = 13,97 \text{ l/s}$$

Na simulação realizada no EPANET para o cenário sem o controle das pressões da área estudada, obtivemos os seguintes dados:

$$\text{Consumo} = 109,64 \text{ l/s}$$

$$P_{\text{MÉD}} = 41,87 \text{ mca}$$

$$Q_0 = \text{Consumo} - \text{Demanda}$$

$$Q_0 = 109,64 - 13,97$$

$$Q_0 = 95,67 \text{ l/s}$$

$$P_0 = 41,87 \text{ mca}$$

Na simulação realizada no EPANET para o cenário com o controle das pressões da área estudada, obtivemos os seguintes dados:

$$\text{Consumo} = 76,04 \text{ l/s}$$

$$P_{\text{MÉD}} = 30,09 \text{ mca}$$

$$Q_1 = 76,04 - 13,97$$

$$Q_1 = 62,07 \text{ l/s}$$

$$P_1 = 30,09 \text{ mca}$$

Logo aplicando a fórmula da vazão de vazamentos proposta por Favad:

$$Q_1/Q_0 = (P_1/P_0)^{N1}$$

$$Q_1 = Q_0 \cdot (P_1/P_0)^{N1}$$

Onde:

$P_0$  = pressão inicial na rede;

$P_1$  = pressão final na rede;

$Q_0$  = vazão inicial dos vazamentos;

$Q_1$  = vazão final dos vazamentos;

$N1$  = expoente da relação pressão/vazão do vazamento, com base no material empregado.

$$Q_0 = 95,67 \text{ l/s}$$

$$P_0 = 41,87 \text{ mca}$$

$$P_1 = 30,09 \text{ mca}$$

$N_1 = 1,15$  (material misto, ou seja, de ferro fundido, PVC DeFoFo, entre outros)

$$Q_1 = 95,67 \times (30,09/41,87)^{1,15}$$

$$\mathbf{Q_1 = 65,39 \text{ l/s}}$$

Resultados da vazão de vazamentos após a realização do controle da pressão (Tabela 1):

EPANET	FAVAD
62,07 l/s	65,39 l/s

Tabela 1: Resultados da Vazão de Vazamento.

## CONCLUSÕES

O sistema Alto do Céu é um sistema que contribui para o abastecimento de água dos Morros da Zona Norte da Região Metropolitana do Recife, com a produção de aproximadamente 1000 L/s, onde 200 L/s atende as áreas de Alto do Céu, Zona Intermediária do Alto da Jaqueira, Zona Alta do Alto José Bonifácio, Alto Santa Terezinha, Alto do Deodato e Córrego do Tiro, com uma população estimada em aproximadamente 61 mil pessoas, sendo o mesmo uma unidade que apresenta um sistema de rodízio de abastecimento, com um custo relevante de energia elétrica para a companhia de saneamento do estado de Pernambuco. Neste contexto fica clara a necessidade de diminuir as perdas físicas da rede de distribuição, diminuindo consequentemente o custo com a energia, ou melhorando o atendimento à população com a diminuição do rodízio destas áreas.

A proposta para o Sistema Alto do Céu foi a instalação das Válvulas Reguladoras de Pressão em determinadas localidades com altas pressões, localizadas após a simulação hidráulica com a utilização do software EPANET, sem diminuir a demanda dos nós e sem alterar a curva das duas bombas, simulando também as perdas físicas utilizando o coeficiente do emissor nestes.

Pudemos verificar que com a medida proposta houve uma contenção na oferta de água em torno de 30 l/s, representando um volume não produzido de aproximadamente 78 mil m<sup>3</sup>/mês, proporcionando uma economia no custo de energia em torno de R\$ 16 Mil/mês com a estação elevatória e com a estação de tratamento de água do Sistema Aldo Céu.

A utilização do software EPANET para o cálculo das perdas se mostrou bastante eficiente, uma vez que, o mesmo calcula o consumo de cada Nó individualmente, levando em consideração a pressão destes, chegando a resultados bem próximos ao da equação já consagrada de FAVAD, que relaciona diretamente a vazão de vazamentos com a pressão.

## REFERÊNCIAS

ABES, **Controle e Redução de Perdas nos Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**, Manual Técnico da ABES. 2015.

FUNASA, **Redução de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água**, 2ª edição – 2014.

ALBANEZE, D. B. **Análise do Consumo de Energia Elétrica com a Instalação de Um Inversor de Frequência no Sistema de Abastecimento de Água do Bairro Aero Rancho em Campo Grande – MS**. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Ciência Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande - MS, 2012.

BEHANDISHA, Z.Y. W. **Concurrent pump scheduling and storage level optimization using meta-models and evolutionary algorithms**. Watertown - USA, 2014.



GOMES, H. P. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento: Análise Econômico de Projetos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, p.114, 2005.

SILVA CM, PÁDUA VL & BORGES JM, **Contribuição ao estudo de medidas para redução da perda aparente de água em áreas urbanas**, Ambiente & Sociedade São Paulo v. XIX, n. 3 n p. 253-274 n jul.-set. 2016

SOUSA, E. C. **Inversor de Frequência e a sua Contribuição Para a Eficiência em Sistemas de Bombeamento**. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia - MG, 2010.

TSUTUYA, M. T. **Redução do custo de energia elétrica em estações elevatórias de água e esgoto**. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu - PR. 1997.

TSUTUYA, M. T. **Abastecimento de Água**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, p.634, 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Água potável 27, 35, 189, 264, 293, 302, 303, 325, 336, 350

Águas subterrâneas 25, 26, 27, 30, 33, 36, 37, 54, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 120, 121, 123, 174, 179, 318, 319, 322, 323, 324, 326, 336, 361

Água subterrânea 25, 35, 36, 112, 117, 118, 119, 120, 161, 175, 318, 319, 324, 325, 377

Análises 25, 27, 28, 35, 37, 38, 41, 43, 45, 49, 50, 56, 91, 126, 140, 141, 158, 164, 267, 271, 301, 302, 320, 321, 322, 324, 360, 370, 373, 376, 379

### B

Biogás 38, 39, 40, 46, 47, 48, 49, 90

Busca exaustiva 1, 3, 4, 7, 20, 22, 23

### C

Conservação 159, 161, 162, 163, 164, 171, 178, 179, 259, 264, 274, 275, 276, 277, 279, 280, 281, 283, 284, 287, 292, 303, 338, 342

### D

Degradação dos solos 122

Desenvolvimento web 76, 78

Desperdício de água 293, 303

Destilador 293, 295, 296, 298, 301, 302

Digestor anaeróbio 38, 40, 43, 49

### E

Educação ambiental 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 290, 291, 292, 304, 338, 340, 342, 344, 345, 347, 348

Eficiência hídrica 293, 294

Erosão hídrica 122, 123, 124, 126, 129, 135

Erosão urbana 122

### F

Fiscalização 140, 145, 146, 147, 148, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 261, 263, 264, 383

Fiscalização direta 145

Fiscalização indireta 145

### G

Gestão da manutenção 136, 137, 138, 139, 143, 144

God 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121

### H

Hidráulica de canais 76, 77, 78, 79, 85

## I

Indicadores 100, 140, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 160, 176, 181, 241, 246, 292, 358  
Inibição da atividade microbiana 38

## L

Lodo físico-químico 38, 41, 42, 43, 47, 48

## M

Manutenção evolutiva 136  
Manutenção preventiva 136, 330, 335  
Medidores estáticos 180, 181, 184, 189  
Meio ambiente 75, 111, 116, 122, 123, 228, 229, 233, 235, 236, 237, 263, 264, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 281, 283, 284, 285, 289, 290, 291, 292, 293, 296, 303, 304, 326, 338, 339, 342, 344, 345, 347, 362, 382, 383

## O

Otimização 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 38, 40, 147, 161, 162, 163, 212, 213, 239, 240, 247, 249, 256, 259

## P

Planejamento 111, 125, 137, 139, 140, 143, 145, 146, 147, 155, 162, 228, 229, 230, 231, 236, 237, 246, 289, 305, 306, 308, 310, 315, 317, 326, 349, 351, 355, 356, 383  
Poço artesiano 25, 27, 28, 29, 30, 31, 35

## Q

Qualidade da água 25, 27, 30, 35, 36, 37, 74, 197, 296, 301, 302, 303, 318, 319, 325, 326, 364, 372

## R

Redes de distribuição de água 1, 2, 4  
Reuso de água 178, 247, 293

## S

Submedição 100, 180, 181, 185, 187  
Sulfato de alumínio 38, 41, 46, 47, 49, 50, 380  
Sustentabilidade 111, 123, 162, 163, 179, 205, 206, 211, 235, 236, 274, 275, 277, 280, 285, 292, 296, 303, 304, 338, 351, 383

## T

Tecnologia 22, 35, 37, 51, 52, 74, 76, 96, 98, 109, 168, 179, 180, 182, 188, 189, 212, 227, 238, 247, 259, 274, 299, 305, 308, 313, 316, 326, 360

## V

Viabilidade 8, 161, 180, 181, 186, 187, 188, 189, 235, 261, 296  
Vulnerabilidade 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 125, 181

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**