



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)



EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

DANIEL SANT'ANA
(ORGANIZADOR)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
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
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
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
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

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
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

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. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª 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
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª 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
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
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
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
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. Lillian 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. Dr. 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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Emely Guarez
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizador: Daniel Sant'Ana

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E93 Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária / Organizador Daniel Sant'Ana. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-477-1

DOI 10.22533/at.ed.771202610

1. Engenharia ambiental. 2. Engenharia sanitária. I. Sant'Ana, Daniel (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A coleção “*Evolução do Conhecimento Científico na Engenharia Ambiental e Sanitária*” tem como objetivo disseminar o estado atual do conhecimento das diferentes áreas das ciências ambientais e sanitárias, apresentando a evolução do campo científico por meio de diferentes tipos de trabalhos que abordam os aspectos tecnológicos, políticos, econômicos, sociais e ambientais desta disciplina.

É de suma importância perceber que o constante crescimento populacional vem pressionando os recursos hídricos pela elevada demanda por água e poluição de corpos hídricos. Conseqüentemente, observa-se uma piora na qualidade da água e uma pressão nos sistemas de produção e distribuição de água potável.

Com isso em mente, os primeiros capítulos deste livro apresentam diferentes estudos que apresentam soluções capazes de otimizar os sistemas urbanos de abastecimento de água potável. Em seguida, os capítulos subsequentes abordam temas relacionados a modelagem e análise da qualidade de água de diferentes sistemas hídricos, indicando a necessidade de se investir em ações, projetos e políticas públicas voltadas a preservação ambiental e de recursos hídricos.

Políticas públicas e programas governamentais são instrumentos essenciais para preservação do meio ambiente, conservação de água e garantir saúde e bem-estar à sociedade. Como exemplo, os Planos de Preservação e Recuperação de Nascentes das Bacias Hidrográficas da Codevasf, apresentado no Capítulo 9.

Com o novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026/2020), não há como não demonstrar preocupação com o novo modelo de operação do setor de saneamento básico através de empresas públicas de capital aberto e de prestação direta por empresas privadas (Capítulo 10).

Com isso, torna-se crucial neste momento, o estabelecimento de parâmetros e indicadores para fiscalização do cumprimento das metas da universalização do saneamento básico. O Capítulo 11 apresenta proposições de mudança do SNIS para aumentar a qualidade e a confiabilidade dos dados registrados no novo sistema, o SINISA, uma ferramenta que poderá auxiliar nesta nova gestão do saneamento básico no Brasil.

Realmente, ainda há muito trabalho pela frente no que se diz respeito a universalização do saneamento básico no Brasil (Capítulo 12). Mesmo assim, podemos observar nos últimos capítulos que diferentes soluções para o tratamento de esgoto e de manejo de resíduos sólidos e do solo vêm sendo estudadas com o intuito de preservar o meio ambiente.

Este volume contou com a contribuição de pesquisadores de diferentes partes do país e da Espanha, trazendo, de forma interdisciplinar, um amplo espectro de trabalhos acadêmicos relativos à qualidade de água e preservação de recursos hídricos, abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto e manejo de resíduos sólidos e do solo. Por fim, desejo que esta obra, fruto do esforço de muitos, seja seminal para todos que vierem a utilizá-la.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS. APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO-VACIADO DE CONDUCCIONES

Paloma Arrué Burillo

Antonio Manuel Romero Sedó

Jorge García-Serra García

Vicent B. Espert Alemany

Román Ponz Carcelén

DOI 10.22533/at.ed.7712026101

CAPÍTULO 2..... 15

DESARROLLO DE UN SOPORTE DIGITAL COMO BASE DE UN SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

José Pérez-Padillo

Pilar Montesinos Barrios

Emilio Camacho Poyato

Juan Antonio Rodríguez Díaz

Jorge Pérez Lucena

Jorge García Morillo

DOI 10.22533/at.ed.7712026102

CAPÍTULO 3..... 28

COMPARAÇÃO ENTRE MIGHA E AG PARA A CALIBRAÇÃO DO FATOR DE ATRITO

Alessandro de Araújo Bezerra

Renata Shirley de Andrade Araújo

Marco Aurélio Holanda de Castro

DOI 10.22533/at.ed.7712026103

CAPÍTULO 4..... 37

CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO PARA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAVEIRAS

Lucas de Bona Sartor

Taciana Furtado Ribeiro

Camila Caroline Branco

Mariáh de Souza

Lais Sartori

Bruna da Silva

DOI 10.22533/at.ed.7712026104

CAPÍTULO 5..... 48

MODELAGEM DE QUALIDADE DA ÁGUA (MQUAL) APLICADA NO ESTUDO DE SISTEMAS HÍDRICOS DA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jesuéte Bezerra Pachêco

José Carlos Martins Brandão

Carlos Henke de Oliveira

Carlos Hiroo Saito

DOI 10.22533/at.ed.7712026105

CAPÍTULO 6..... 67

ANÁLISE LITOLÓGICA E HIDROQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA ÁREA ITAQUI – BACANGA, SÃO LUÍS, MARANHÃO: EVIDÊNCIA DA INTRUSÃO MARINHA

Flávia Rebelo Mochel

Luís Alfredo Lopes Soares *in memoriam*

Paulo Roberto Saraiva Cavalcante

DOI 10.22533/at.ed.7712026106

CAPÍTULO 7..... 86

ANÁLISE FITOPLANCTÔNICA DA BARRAGEM DO RIO MARANGUAPINHO E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ

Paloma Paiva Santiago

Laiane Maria Costa Lima

Leticia Soares Sousa

Marina Andrade Costa

Leticia Penha de Vasconcelos

DOI 10.22533/at.ed.7712026107

CAPÍTULO 8..... 94

ANÁLISE DA QUALIDADE HÍDRICA DA LAGOA MIRIM E DO CANAL SÃO GONÇALO

Vitoria Rovel da Silveira

Gabriel Borges dos Santos

Marlon Heitor Kunst Valentini

Henrique Sanchez Franz

Victória Huch Duarte

Larissa Aldrighi da Silva

Denise dos Santos Vieira

Beatriz Muller Vieira

Diuliana Leandro

Willian Cezar Nadaleti

Bruno Müller Vieira

DOI 10.22533/at.ed.7712026108

CAPÍTULO 9..... 106

PLANOS NASCENTES: PRESERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE NASCENTES DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS SÃO FRANCISCO, PARNAÍBA, ITAPECURU E MEARIM

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

Camilo Cavalcante de Souza

Renan Loureiro Xavier Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.7712026109

CAPÍTULO 10..... 120

POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO NO CONTEXTO DO MARCO REGULATÓRIO EM SÃO LUÍS DO MARANHÃO, BRASIL

Marcos Antônio Silva do Nascimento

Antonio José de Araújo Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.77120261010

CAPÍTULO 11..... 135

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: DO SNIS AO SINISA

Marise Teles Condurú

José Almir Rodrigues Pereira

João Diego Alvarez Nylander

Rafaela Carvalho da Natividade

DOI 10.22533/at.ed.77120261011

CAPÍTULO 12..... 146

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE CARÊNCIA HABITACIONAL NA ZONA NORTE DE NATAL, METRÓPOLE BRASILEIRA

Ruan Henrique Barros Figueredo

Vinícius Navarro Varela Tinoco

Rogério Taygra Vasconcelos Fernandes

Brenno Dayano Azevedo da Silveira

Almir Mariano de Sousa Junior

DOI 10.22533/at.ed.77120261012

CAPÍTULO 13..... 155

PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EFLUENTES TRATADOS ATRAVÉS DE MODELO DE FOSSA SÉPTICA COM FILTRO BIOLÓGICO

José Vicente Duque dos Santos

Edson Barboza Pires

Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.77120261013

CAPÍTULO 14..... 167

IMPACTO DA POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA GESTÃO E NA CONCEPÇÃO, PROJETOS, CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Maria Eugenia Gimenez Boscov

DOI 10.22533/at.ed.77120261014

CAPÍTULO 15..... 178

MONITORAMENTO E PREVISÃO DE RECALQUES A LONGO PRAZO USANDO MODELOS DE COMPRESSIBILIDADE: ESTUDO DE CASO

Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk

Gabrielle Sthefanine Silva Azevedo

Leandro Rangel Corrêa

Elisabeth Ritter

DOI 10.22533/at.ed.77120261015

CAPÍTULO 16..... 189

UTILIZAÇÃO DE OZÔNIO COMBINADO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO PARA O

TRATAMENTO DE LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO

Jandira Leichtweis

Siara Silvestri

Nicolý Welter

Mariana Islongo Canabarro

Keila Fernanda Hedlund Ferrari

Elvis Carissimi

DOI 10.22533/at.ed.77120261016

CAPÍTULO 17..... 199

COEFICIENTE DE DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM ÁREAS DE *EUCALYPTUS UROPHYLLA* E *EUCALYPTUS CITRIODORA*

Winkler José Pinto

André Batista de Negreiros

DOI 10.22533/at.ed.77120261017

SOBRE O ORGANIZADOR..... 213

ÍNDICE REMISSIVO..... 214

CAPÍTULO 1

CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS HIDRÁULICOS EN BANCO DE ENSAYOS. APLICACIÓN EN SIMULACIÓN DE LLENADO- VACIADO DE CONDUCCIONES

Data de aceite: 01/10/2020

Data de submissão: 21/07/2020

Paloma Arrué Burillo

Universitat Politècnica de València
Valencia – España
<https://orcid.org/0000-0002-9326-9169>

Antonio Manuel Romero Sedó

Universitat Politècnica de València
Valencia – España
<https://orcid.org/0000-0001-8068-9888>

Jorge García-Serra García

Universitat Politècnica de València
Valencia – España

Vicent B. Espert Alemany

Universitat Politècnica de València
Valencia – España

Román Ponz Carcelén

Empresa Mixta Metropolitana. Emimet
Valencia – España

RESUMEN: Las condiciones de funcionamiento de los elementos hidráulicos en las redes de abastecimiento dependen de sus características técnicas y de las condiciones hidráulicas presentes en la red. La empresa EMIMET (Global Omnium) en colaboración con la Universitat Politècnica de València, ha llevado a cabo el desarrollo de un modelo para simular el funcionamiento de las conducciones durante las operaciones de llenado y vaciado. Para alcanzar este objetivo ha sido necesario caracterizar los elementos

hidráulicos que participan en la operación de las redes (válvulas, ventosas, desagües, ...). Para ello se han empleado el banco de ensayos de EMIMET, con capacidad para caracterizar elementos hidráulicos de hasta DN 800, dotado con la instrumentación necesaria. Se realizaron ensayos de válvulas de tipo mariposa de varios diámetros, válvulas de tipo compuerta funcionando como desagüe, válvulas hidráulicas y ventosas. En el caso de las ventosas también se realizaron más de 120 ensayos en tres bancos de ensayo diferentes para verificar el grado de confianza de las mismas y se compararon los resultados obtenidos con los proporcionados por los fabricantes. Se ha comprobado la validez del modelo de simulación con datos experimentales mediante registros en campo, obteniendo una discrepancia inferior al 12% entre los resultados experimentales y los teóricos ofrecidos por el modelo.

PALABRAS CLAVE: Banco de ensayo, caracterización, válvula, ventosa y modelo de simulación.

HYDRAULIC ELEMENTS CHARACTERIZATION ON A TEST FACILITY. APPLICATION IN FILLING AND EMPTYING PIPES SIMULATION

SUMMARY: In a water distribution networks, the hydraulic elements operating conditions depend on their technical characteristics and the hydraulic conditions in the network. The company EMIMET (Global Omnium), in collaboration with the Polytechnic University of Valencia (Spain), has developed a model to simulate the behavior of pipes during filling and emptying operations.

To achieve this objective, it has been necessary to characterize the hydraulic elements that participate in the operation of the networks (valves, air valves, drains, ...). For that purpose, the EMIMET test facility has been used. It has the capacity to characterize hydraulic elements up to DN 800, and it is equipped with the necessary instrumentation. Tests were carried out on butterfly valves of several diameters, gate valves operating as drain valves, automatic hydraulic valves and air valves. Concerning air valves, more than 120 tests have been also carried out on three test facilities owned by different companies, to verify their reliability and compare the results obtained with those provided by the manufacturers. The reliability of the simulation model was checked with experimental data recorded in field tests. A discrepancy of less than 12 % between the experimental and theoretical results provided by the model was obtained.

KEYWORDS: Test facility, characterization, valve, air valve and simulation model.

1 | INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el sistema de abastecimiento en alta a Valencia y su Área Metropolitana suministra agua potable a la Ciudad de València y a otros 45 municipios de la Comarca de l’Horta, adscritos a la Entidad Metropolitana de Servicios Hidráulicos (EMSHI). El sistema de agua en alta abastece a una población de 1.6 millones de habitantes. El sistema está formado por 2 ETAP, aproximadamente 200 km de conducciones de diámetros entre 1600 mm y 300 mm, 3 depósitos de cabecera, 6 depósitos de regulación, 6 estaciones de bombeo y unos 100 puntos de entrega de agua en alta a redes municipales.

Los depósitos de cabecera de las ETAP “El Realón” y “La Presa” alimentan a la red de aducciones de configuración mallada e interconectada, de pequeña pendiente, que precisa de regulación mediante la operación de válvulas.

Entre las operaciones en el sistema destacan el llenado y vaciado de las conducciones, las cuales deben realizarse en condiciones de máxima seguridad para evitar posibles roturas o colapsos de las conducciones. Para ello, y como primer paso, es necesario realizar la caracterización de los elementos hidráulicos que intervienen en el sistema para la correcta operación del mismo, tanto desde un punto de vista hidráulico como desde las perspectivas de garantía y calidad del servicio prestado.

La empresa EMIMET, en colaboración con la Universitat Politècnica de València, ha llevado a cabo el desarrollo, implantación y puesta en marcha de un banco de ensayos que permite caracterizar el funcionamiento de los elementos hidráulicos en diferentes condiciones de operación, incluso con la presencia de aire en el interior de la conducción, que resulta fundamental para caracterizar las operaciones de llenado y vaciado. Para el diseño de las pruebas a realizar en el banco de ensayos se ha tenido en cuenta la normativa vigente sobre ensayos de verificación, UNE-EN 1074: 2001, UNE-EN 593: 2009, UNE-EN 1267, UNE-EN 1074-4 e ISO 9635-4. Las especificaciones técnicas del banco de ensayos varían en función del tipo de elemento a ensayar, y, en cualquier caso, cumplen con los requisitos normativos exigidos.

2 I METODOLOGÍA

2.1 Caracterización de elementos hidráulicos. banco de ensayos emimet

El banco de ensayos hidráulicos se encuentra ubicado en el depósito metropolitano de Albalat dels Sorells (València), el cual presenta una capacidad de almacenamiento total de 7600 m³, dividido en varios módulos. Las instalaciones del banco de ensayos están conectadas a uno de los módulos, de 1850 m³, y presenta el esquema general indicado en la Figura 1.

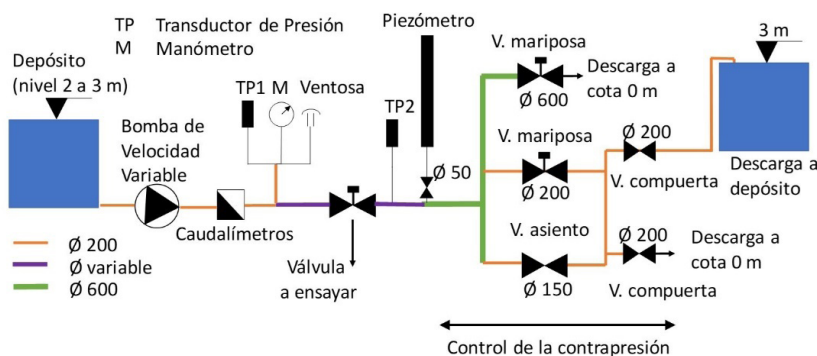


Figura 1. Esquema general del banco de ensayo.

El banco está compuesto por una bomba de cámara partida con potencia nominal de 132 kW, caudal nominal 160 l/s y altura manométrica nominal de 58 mca, caudalímetro electromagnético DN 300, medidores de presión con transductores y manómetros, válvulas para regular la contrapresión de mariposa DN 600 y DN 200, válvula de asiento plano tipo globo DN 150 y autómata PLC con conexión a SCADA. La longitud total del banco es de 20m y el depósito está cubicado mediante técnica de láser – escáner, con medidor de nivel mediante sensor radar.

Dada la configuración del banco de ensayos (Figura 2) es viable realizar todo tipo de ensayos dinámicos, donde existe un elevado caudal de agua para diámetros de hasta DN 800, y registrando simultáneamente 2 medidas de caudal y 4 medidas de presión. La frecuencia de muestreo de los datos se puede modificar en función del tipo de ensayo a realizar.



Figura 2: Detalle del banco de ensayos hidráulico.

2.2 Caracterización de ventosas en diferentes laboratorios

Se realizaron ensayos de ventosas en expulsión y en admisión en tres laboratorios diferentes, ARI Flow Control Accesories LTD en Kfar Charuv (Israel), CSA en Salsomaggiore Terme (PR) en Italia, y BERMAD CS. Ltd en Kibbutz Evron (Israel). En el laboratorio de ARI se ensayaron 22 ventosas en fase de expulsión y 12 en fase de admisión. En el laboratorio de CSA se ensayaron 23 ventosas en fase de expulsión y 2 en fase de admisión. Mientras que en el laboratorio de BERMAD se ensayaron un total 37 ventosas en fase de expulsión y 33 en fase de admisión, siguiendo la metodología aplicada en estudios previos (Arrué et al., 2017) y (Iglesias-Rey et al., 2014).

El banco de ensayos de ARI se alimenta de aire comprimido mediante cuatro calderines y un depósito tampón, de 10 m³ cada uno, con una presión máxima de 16 bar, que suministran de forma instantánea o gradual hasta 640 m³ de aire a una temperatura ambiente constante de 22 °C y una presión barométrica de 1bar.

Para los ensayos de admisión en el laboratorio de ARI, la ventosa se coloca en el interior de un recipiente al que se “inyecta” el aire a presión, generando una atmósfera presurizada en el mismo (Figura 3). El flujo circula desde la salida hacia la entrada de la ventosa (continuamente abierta), conectada a la atmósfera. Este ensayo no reproduce las condiciones reales de funcionamiento de las ventosas en admisión al inyectar aire presurizado y no en condiciones atmosféricas, pero el procedimiento está reconocido en la norma UNE-EN 1074-4 e ISO 9635-4.



Figura 3. Banco de ensayos de ventosas en admisión en ARI.

El banco de ensayos del laboratorio de CSA está alimentado mediante una soplante, capaz de generar un caudal de aire de $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ a una presión máxima de 0.5 bar. El motor eléctrico que mueve la soplante está equipado con un variador de frecuencia, lo que permite modificar la velocidad de giro de la soplante, a fin de obtener diferentes curvas motrices. El banco está pensado para acoplar ventosas de hasta 100 mm de diámetro nominal.

Para los ensayos de admisión, la ventosa se coloca en posición inversa, de manera que el flujo de aire se inyecta a través de la ventosa. Estos ensayos en admisión están limitados dado que se conecta directamente la tubería de impulsión de la soplante a la brida de salida de la ventosa, inyectando el flujo a presiones superiores a la atmosférica. Al igual que en la instalación de ARI, más versátil que la de CSA, las condiciones termodinámicas del ensayo de admisión no son las reales del funcionamiento de la ventosa. En ambos casos, la densidad del aire que entra en la ventosa es mayor que la densidad de aire atmosférico, lo que no es real. Asimismo, en el caso de una ventosa real, el aire expulsado (que es admitido en la tubería), está a una presión inferior a la atmosférica, mientras que, en el ensayo, el aire expulsado está a presión atmosférica. En cualquier caso, se trata de mediciones aproximadas para poder evaluar las condiciones de admisión de las ventosas, admitidas en la norma UNE 1074-4.

El laboratorio de pruebas de ventosas de BERMAD es capaz de realizar los ensayos en expulsión y admisión (Figura 4). Tanto en uno como en otro caso las condiciones termodinámicas reproducen de manera fiel el comportamiento real de la ventosa. Por lo tanto, en los ensayos de admisión los resultados son más realistas que en los otros bancos de ensayo.

El banco de pruebas está alimentado por dos soplantes, una volumétrica de lóbulos capaz de impulsar un caudal de $16320 \text{ Nm}^3/\text{h}$ a 0.5 bar con una potencia de 315 kW y otra centrífuga para bajos caudales, pudiendo acoplarse ventosas de hasta 200 mm de diámetro. Los motores eléctricos de las soplantes están equipados con un variador de frecuencia permitiendo obtener diferentes curvas motrices. La instalación está dotada de caudalímetros máscicos, de transductores de presión, y de sensores de temperatura, almacenando los

registros de caudal en condiciones normales, presión relativa y temperatura del aire en un software específico que permite realizar informes, gráficos y exportar los resultados de estos ensayos.



Figura 4. Banco de ensayos de ventosas en expulsión y admisión en Bernad.

En el banco de ensayos de la empresa EMIMET se realizó una prueba de cierre de ventosas y transitorios (Figura 5). Con la tubería vacía, se abre rápidamente la válvula de alimentación y se comprueban las presiones generadas por el cierre de la ventosa en presencia de agua (golpe de ariete). Los ensayos se llevaron a cabo con ventosas DN 50.

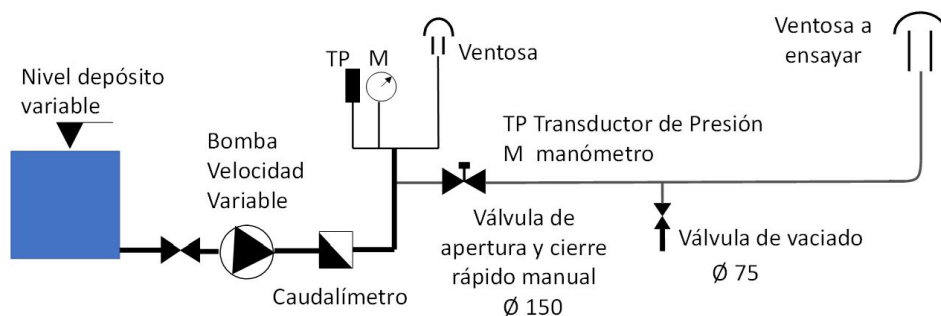


Figura 5: Esquema del ensayo de cierre y golpe de ariete en ventosas.

2.3 Modelo de simulación de llenado de grandes conducciones

Los resultados obtenidos en los bancos de ensayos se han introducido en un modelo de cálculo (Romero et al., 2018), de aplicación a tramos de conducción de pequeña pendiente, para una conducción de diámetro y pendiente constante, con válvula de llenado

de tipo mariposa y un máximo de cinco ventosas en la línea. El modelo calcula la evolución del llenado manteniendo la lámina de agua horizontal y reproduciendo el proceso real con la volumetría dependiente de la pendiente de la tubería. Se requiere definir el protocolo de llenado fijando el incremento de tiempo de cálculo, la presión existente en la red que alimenta la conducción a llenar, y el protocolo de apertura de la válvula que puede admitir hasta seis posiciones diferentes a lo largo del proceso de llenado.

El modelo utiliza las ecuaciones de conservación de la energía, la geometría de la tubería, la ley de los gases perfectos y las ecuaciones que caracterizan el comportamiento de válvulas y ventosas, y finaliza el proceso indicando el tiempo de llenado. No se tiene en cuenta la inercia del fluido.

3 I RESULTADOS

3.1 Ensayo de pérdida de carga en válvulas de mariposa

Se realizaron para tres diámetros; DN 200, DN 400 y DN 600. En los ensayos se variaron las condiciones de presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula para diferentes grados de apertura, con o sin presión aguas abajo (tubería vacía). Los resultados se agruparon en función de la diferencia de presión entre la entrada y la salida de la válvula, y/o si la presión aguas abajo de la misma es cero (sin contrapresión), determinándose el coeficiente de caudal (Figura 6).

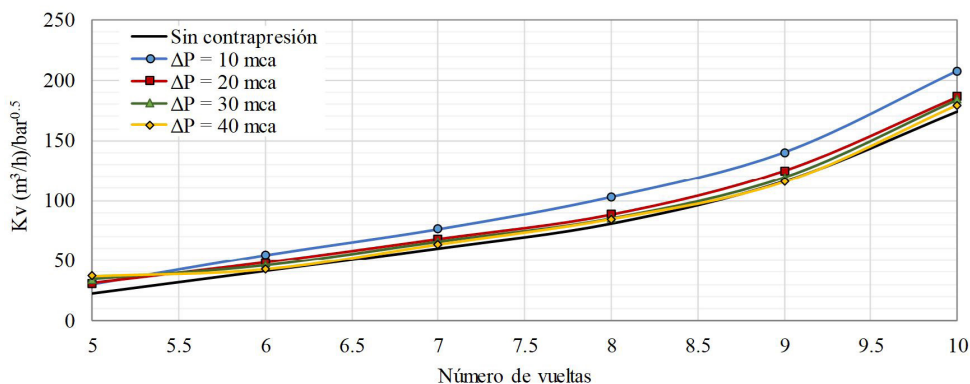


Figura 6: Kv válvula mariposa DN400 vs. Número de vueltas de un total de 47 vueltas.

Como puede observarse en la Figura 6, el coeficiente de caudal Kv no se mantiene constante para un grado de apertura determinado, sino que varía al hacerlo las presiones de entrada y salida. Cuando la contrapresión es nula, el coeficiente de caudal disminuye sensiblemente respecto de los casos en los que la presión a la salida es mayor de cero.

Se ha determinado el coeficiente de caudal para cada grado de apertura, expresado en número de vueltas, mediante la ecuación (1), que permite determinar el caudal circulante en la conducción en ausencia de caudalímetro, conocidos el diámetro nominal de la válvula, su grado de apertura, y las presiones de entrada y salida.

$$K_v(DN, \theta) = A(DN, \theta) + B(DN, \theta) \cdot P_s + C(DN, \theta) \cdot \Delta P + D(DN, \theta) \cdot P_s^2 + E(DN, \theta) \cdot \Delta P^2 \quad (1)$$

Nomenclatura

$K_v(DN, \theta)$	Coeficiente de caudal para DN y número de vueltas θ , en $(\text{m}^3/\text{h})/\text{bar}^{0.5}$.
A, B, C, D, E	Coeficientes de la expresión, dependientes de DN y de θ .
P_s	Presión a la salida (contrapresión), en mca.
ΔP	Diferencia de presión entre entrada y salida, en mca.

3.2 Ensayo de pérdida de carga en desagües

Las pruebas de válvulas de compuerta, actuando como desagües (Figura 7), se realizaron para diámetros DN 100 y DN 150 con el objetivo de determinar el coeficiente de caudal K_v del conjunto de elementos que forman parte del desagüe, en función del nivel de agua en la poceta de descarga. Con los resultados de este ensayo es posible determinar el caudal de vaciado de las conducciones, en función de la presión aguas arriba del desagüe. (Figura 8).

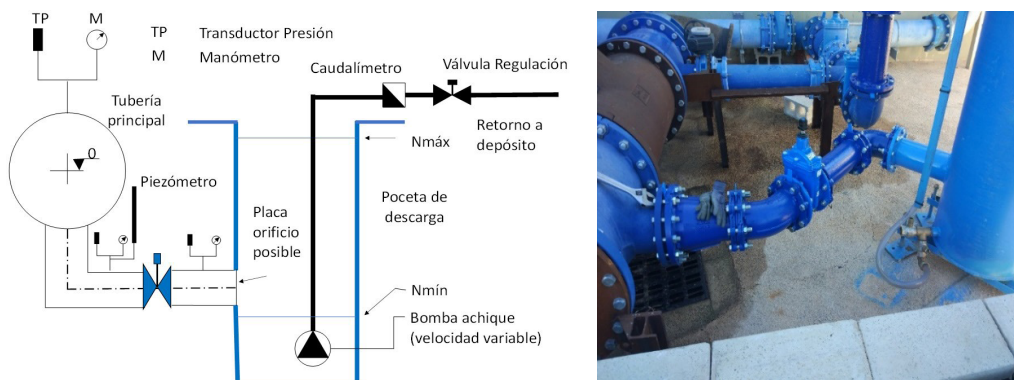


Figura 7: Esquema del ensayo de desagüe sin placa orificio.

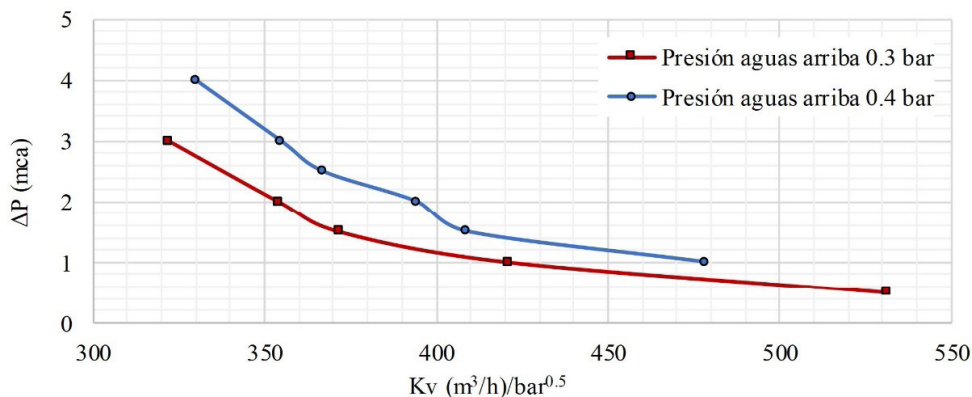


Figura 8: Kv desagüe DN 100 para diferentes presiones aguas arriba y ΔP entrada/salida.

3.3 Ensayo de ventosas

Se realizaron más de 120 ensayos de ventosas entre DN 50 y DN 150 en tres bancos de ensayos diferentes, en los laboratorios ARI, CSA y Bermad. Se obtuvieron como resultados las curvas Presión vs. Caudal, la existencia o no de cierre dinámico (cierre debido al flujo de aire sin que el agua haya llegado al dispositivo) y las presiones a las que este se produce, las condiciones de cierre del dispositivo anti-ariete correspondiente en las ventosas tipo “non-slam” y el comportamiento de ventosas tipo membrana.

En los ensayos de expulsión de aire se produjeron cierres dinámicos en 16 de las 50 ventosas ensayadas. La presión a la que se produjo el cierre osciló entre 0.005bar y 0.43bar, y en 6 de las 16 la presión era inferior a 0.1bar. Estos valores son muy pequeños, por lo que existe grave riesgo de que en una operación de llenado de conducciones se pueda producir el cierre prematuro o inesperado de la ventosa, quedando aire atrapado en la tubería. En las ventosas del tipo Non Slam el cierre del primer flotador se produce a presiones muy bajas entre 0.005 bar y 0.29bar, siendo en 7 de las 9 ventosas ensayadas a una presión inferior a 0.1 bar.

La comparativa de resultados comerciales y experimentales en las curvas de expulsión en condiciones normales presenta una variación promedio entre el valor comercial y el experimental de un 52.1%. Cabe destacar que 18 de las 36 ventosas proporcionaron caudales inferiores a los comerciales (por defecto) con variaciones comprendidas entre el 8.0% y el 82.8%. Y 18 ventosas proporcionaron caudales mayores a los comerciales (por exceso).

La comparativa en las curvas de admisión presenta una variación promedio entre el valor comercial y el experimental de un 41,4%. Cabe destacar que 19 de las 27 ventosas proporcionaron caudales inferiores a los comerciales con una variación promedio entre el 3.1% y el 62.3% entre la curva comercial y la experimental en condiciones normales. Y 8 ventosas que proporcionaron caudales mayores a los comerciales (por exceso).

En la figura 9 se presenta una comparativa entre la curva dada por el fabricante y las obtenidas en los ensayos (tanto en admisión como en expulsión), para una ventosa de DN 100. Como puede apreciarse los resultados se dan tanto para el caudal en condiciones normales Q (Nm³/h) como para el caudal en condiciones del interior de la tubería (flujo volumétrico real de aire que circula por el interior de la tubería con una densidad del aire dependiente de la presión y temperatura existentes).

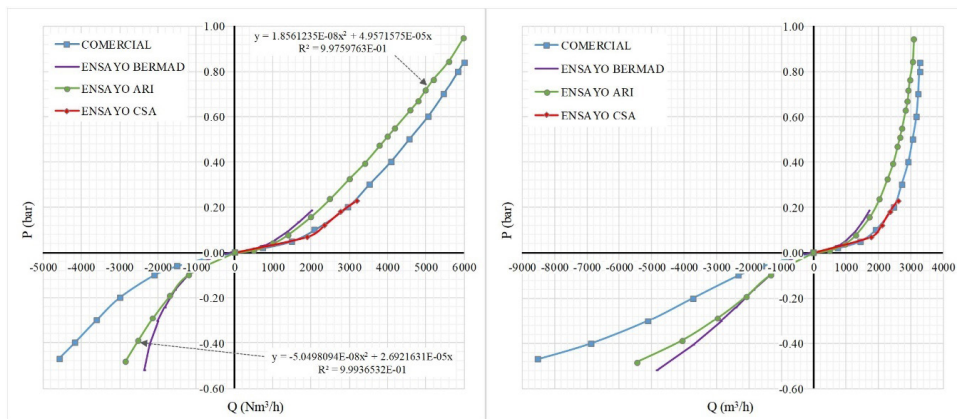


Figura 9. Comparativa entre curva comercial y experimental de los laboratorios de CSA, ARI y Bermad, para una ventosa DN 100 en expulsión y admisión en condiciones normales y del interior de la tubería.

3.4 Resultados del ensayo experimental aplicando el modelo de simulación para el llenado de grandes conducciones

Para comprobar la fiabilidad de la caracterización y del modelo de simulación del llenado de grandes conducciones se han realizado dos conjuntos de ensayos de llenado. Un primer conjunto (E1) en una tubería de fundición DN 400 que alimenta al depósito metropolitano de Museros, en la provincia de Valencia (Figura 10), compuesto por tres ensayos de llenado: de P2 a P3, de P3 a P4 y de P2 a P4, con dos ventosas instaladas: V3 en el punto P3 y V4 en el punto P4.

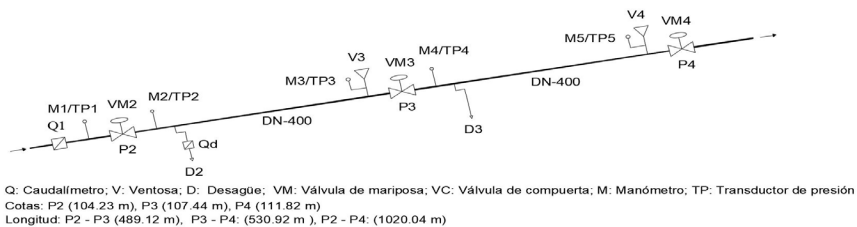


Figura 10: Esquema de la conducción para ensayo experimental en Museros (Valencia).

El segundo conjunto de ensayos (E2) se realizó en una conducción DN-600 en Massamagrell, también en la provincia de Valencia (Figura 11), que tiene un cambio de pendiente pronunciado, de ascendente a descendente, donde se encuentra instalada la ventosa por ser el punto más elevado, V2 en P4. En esta misma configuración se intercambi6 la ventosa V2 y se repiti6 el ensayo (E3).

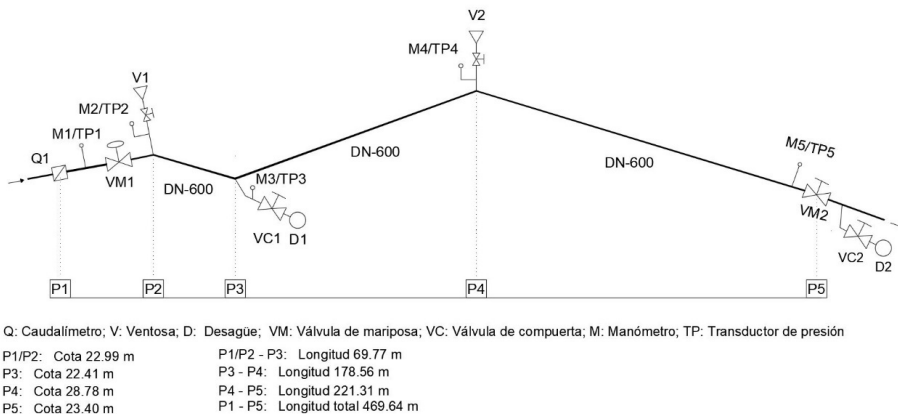


Figura 11. Esquema del tramo de conducción a ensayar en Massamagrell (Valencia).

En la tabla 1 se comparan los resultados experimentales y te6ricos de los ensayos realizados, obteniéndose una desviaci6n inferior al 12 %.

Ensayo	Tramo	T _{llenado} (min) experimental	T _{llenado} (min) modelo	Variación (%)	Q (l/s) Experimental	Q (l/s) modelo	Variación (%)
E1	P2-P3	25.66	27.19	5.96	39.28	37.67	4.09
	P3-P4	12.93	14.47	11.75	86.34	76.83	11.01
	P2-P4	34.93	36.14	3.46	-	59.10	-
E2	P1-P5	16.60	17.44	5.06	141.29	139.10	1.55
E3	P1-P5	16,00	17.53	9.56	146.82	138.37	5.75

Tabla 1. Comparativa de resultados de tiempo y caudales de llenado experimentales y teóricos.

4 | CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la caracterización de los elementos hidráulicos han servido como datos de entrada imprescindibles para el modelo que simula el funcionamiento de las conducciones durante las operaciones de llenado, y permite predecir tanto el tiempo del proceso, como la evolución de la presión y el caudal en el interior de la tubería. Este modelo ha mejorado las condiciones de operación en el llenado de las conducciones.

El modelo es capaz de predecir muy bien tanto el tiempo de llenado como el valor del caudal en el interior de la conducción, para una presión de llenado desde la red dada y una secuencia de maniobra de la válvula de llenado predeterminada, presentando una desviación máxima entre los valores de tiempo de llenado y caudal, experimentales y teóricos inferiores al 12%.

La caracterización de elementos en banco de ensayos EMIMET ha permitido determinar curvas de funcionamiento en condiciones hidráulicas que no proporcionan los fabricantes, como ha sido el caso de las válvulas de mariposa sin contrapresión y los desagües. En el caso de ventosas, los resultados de los ensayos experimentales se han podido comparar con las curvas ofrecidas por los fabricantes. Los estudios realizados ayudan a la selección de los elementos más adecuados para las condiciones hidráulicas de las conducciones, así como a implementar mejoras en las comprobaciones de mantenimiento de los elementos.

En cuanto a los procedimientos de ensayos en los laboratorios de CSA, ARI y Bermad, en este último las condiciones termodinámicas reproducen de la manera más fiel posible el comportamiento real de la ventosa. En el caso de expulsión o descarga, la presión se mide en el interior de la tubería y la ventosa descarga contra la atmósfera, mientras que, en el caso de admisión, el aire es admitido en condiciones atmosféricas exteriores, generándose la depresión en el interior de la tubería, al contrario que en la mayoría de los laboratorios en los que el aire debe de ser impulsado desde el exterior de la ventosa, por lo que no se cumplen las condiciones termodinámicas reales.

En general, los ensayos realizados han resultado satisfactorios, si bien sería deseable poder determinar de una manera más precisa el umbral de presión a partir del

cual el flotador efectúa un cierre dinámico o, en las ventosas Non-Slam o antiariete (NS), el valor de la presión a la que se produce el cierre del primer flotador. La elección de la ventosa pensando en que admita un caudal superior al que realmente puede admitir puede provocar problemas en la instalación al generarse en un vaciado depresiones mayores a las previstas.

Es muy importante determinar el valor de la presión en el interior de la tubería al que se produce el cierre dinámico de la ventosa, dado que a partir de ese momento la ventosa deja de realizar su función. En bastantes casos los valores de la presión de cierre dinámico eran muy pequeños, por lo que casi con toda seguridad se cerrarán en casi cualquier llenado, dejando bolsas de aire en el interior de la tubería. Los valores límite de la presión de ensayo en ambos laboratorios, 1 bar en ARI y 0.5 bar en CSA y Bermad, están por encima de los valores de la presión del aire usual en los procesos de llenado (entre 1 y 3 mca), por lo que para situaciones de llenado usuales se han detectado aquellas ventosas que tiene un cierre dinámico a las presiones de trabajo normales.

Sería deseable que los fabricantes indicaran en los catálogos el valor umbral de la presión en el interior de la tubería al que la ventosa cierra de manera prematura. Para próximas revisiones de las normativas de ventosas, tanto UNE-EN como ISO, sería recomendable proponer incluir este ensayo en las citadas normativas. También sería deseable conocer el valor de la presión a la que sube el primer flotador en las ventosas NS. En general se trata de valores excesivamente bajos, por lo que en la práctica las ventosas se transforman en válvulas de muy poca capacidad de expulsión, ralentizando en exceso las operaciones de llenado. No obstante, puede ser interesante su utilización como última ventosa en cerrar durante un proceso de llenado (punto más elevado de una conducción en la que hay instaladas varias ventosas). En los catálogos, los fabricantes suelen incluir estos valores dado que representan la curva P-Q de la ventosa desde presión nula.

En la mayoría de los catálogos, los fabricantes de ventosas no hacen referencia ni a la forma en la que se han realizado los ensayos para determinar la curva P-Q que representan en sus catálogos, ni a los laboratorios en los que se han llevado a cabo los ensayos. Tampoco se referencian las normas UNE-EN 1074-1 y/o ISO 9635-4. Cabe pensar, dadas las desviaciones encontradas, que en algunos casos los ensayos no se han llevado a cabo o que se han hecho de una forma no adecuada. Tampoco se indica por parte de los fabricantes la presión a la cual se produce el cierre anticipado del flotador (con aire).

Cabe pues indicar que en el tema de las ventosas aún hay un camino por recorrer, para ello ayudaría mucho el que los fabricantes certificaran sus ventosas con arreglo a normas, para que en los catálogos los datos técnicos presentados fueran lo más fiables posible. Asimismo, además de la curva P-Q, sería deseable que aparecieran también los valores de la presión máxima para no producir cierre dinámico.

En cualquier caso, pensamos que el presente trabajo puede ayudar a mejorar el conocimiento del comportamiento de las ventosas existentes en el mercado, con el fin

de contar con datos técnicos que ayuden a la elección de la ventosa más adecuada para realizar las operaciones de llenado y vaciado.

Como conclusión se plantea la posibilidad de regular el coeficiente de descarga en algunas ventosas desplazando la curva Presión-Caudal para que se generen más pérdidas de carga, de manera que se pueda reducir su capacidad de expulsión. Y en algunos modelos de ventosa antiarriete o NS, es posible modificar el valor de la presión a la cual cierra el primer flotador. Todo ello resulta interesante para los usuarios a fin de adecuar el funcionamiento del dispositivo a las condiciones del sistema.

AGRADECIMIENTOS

La caracterización de los elementos hidráulicos ha sido posible gracias a la colaboración de la empresa EMIMET, Global Omnium (Valencia), de ARI Flow Control Accesories Ltd (Israel), CSA (Italia), Bermad (Israel) y la Universitat Politècnica de València.

REFERENCIAS

Arrué, P., Romero, A.M., Espert, V., García-Serra, J., Ponz, R. (2017). Caracterización de ventosas de admisión y expulsión de aire. *V Jornadas de Ingeniería del Agua*, Octubre 25-26, A Coruña, Spain, 233-248.

Iglesias-Rey, P. L., Fuertes-Miquel, V. S., García-Mares, F. J., Martínez-Solano, J. J. (2014). Comparative Study of Intake and Exhaust Air Flows of Different Commercial Air Valves. *Procedia Engineering*, 89, 1412–1419, doi:10.1016/j.proeng.2014.11.467

Romero Sedó, A., Arrué, P., García-Serra, J., Espert, V.; Biel, F. (2018). Modelo de llenado de grandes conducciones. *Ingeniería del Agua*, 22(4), 239-254. doi:https://doi.org/10.4995/ia.2018.9642.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água 29, 36, 68, 69, 83, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 131, 132, 136, 138, 139, 142, 146, 147, 149, 151, 153, 156

Água Subterrânea 67, 70, 83

Algoritmo Genético 30, 36

Amazônia 48, 52, 54, 56, 59, 61, 63, 64, 65, 66

Aplicaciones para Dispositivos Móviles 15

Área de Recarga Hídrica 106, 115

Aterros Sanitários 167, 168, 171, 172, 173, 174, 175, 189, 190

B

Barragem 68, 69, 71, 86, 88, 89

C

Compressibilidade 173, 178, 179, 181, 185, 186, 188

CONAMA 68, 95, 96, 98, 100, 101, 102, 103, 158, 162, 163, 166, 169, 194, 197

Conservação de Recursos Hídricos 106

Contenção de Processos Erosivos 106

E

Efluentes 95, 98, 101, 102, 103, 112, 155, 157, 158, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 194, 197

F

Fator de Atrito 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35

Filtro Biológico 155, 157

Fitoplâncton 86, 88, 89, 90, 91

Fossa Séptica 149, 155, 157, 160, 166

G

Gestão da Informação 135, 136, 137, 140, 145

H

Hidroquímica 67, 78, 85, 103

I

Intrusão Marinha 67, 77, 83

L

Litologia 67, 71, 77

Lixiviado de Aterro Sanitário 189

M

Manejo e Uso Adequado do Solo 106

Marco Regulatório 120, 121, 122, 126, 128, 130, 131, 132

Método Iterativo do Gradiente Hidráulico Alternativo 28, 30, 35

Modelación Hidráulica 15

Modelagem de Qualidade da Água 48

Modelo Hidrológico 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46

Modelos de Previsão 173, 178, 179, 185, 186

P

Planejamento Urbano e Regional 146, 149, 154

Política de Saneamento 120, 121, 127, 141

Política Nacional de Resíduos Sólidos 167, 168, 175, 176

Poluente Recalcitrante 189

Poluição 49, 50, 83, 84, 94, 95, 96, 102, 125

Preservação de Nascentes e de Áreas Permanentes 106

Processos de Oxidação Avançada 189, 190

Processos Ecosistêmicos 199

Q

Qualidade 29, 42, 48, 49, 50, 51, 52, 54, 56, 63, 64, 66, 68, 69, 75, 83, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 117, 122, 124, 127, 135, 136, 137, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 153, 154, 156, 159, 166, 171, 190, 199, 200, 201, 204, 206, 207, 210

R

Recalque 173, 176, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 186

Recursos Hídricos 16, 28, 36, 37, 40, 45, 46, 66, 85, 87, 88, 94, 95, 96, 103, 106, 108, 109, 117, 118, 142, 181

Resíduos Sólidos Urbanos 122, 139, 167, 168, 171, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190, 198

S

Saneamento Básico 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 150, 154, 156, 166, 169

Sedimentos 48, 51, 52, 54, 55, 57, 59, 61, 63, 64, 70, 75, 76, 86, 89, 90, 91, 112, 113, 115, 116

Sistemas de Informação Geográfica 15, 16

T

Tratamento 38, 94, 95, 98, 102, 105, 121, 125, 129, 130, 133, 139, 147, 153, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 171, 174, 189, 190, 191, 193, 196, 198

V

Válvula 1, 3, 6, 7, 8, 12, 17

Ventosa y Modelo de Simulación 1

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA
