

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 Internazionele delle Figlie de 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

Atena Editora
Ano 2020

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 Federacl 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. Adaylson 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. Claúdia 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

Atena Editora
Ano 2020

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
Profª 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
Profª Msc. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Msc. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª 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
Profª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Profª 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
contato@atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2020

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

CAPÍTULO 1 1

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

DOI 10.22533/at.ed.5232021011

CAPÍTULO 2 25

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

DOI 10.22533/at.ed.5232021012

CAPÍTULO 3 38

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

DOI 10.22533/at.ed.5232021013

CAPÍTULO 4 52

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* 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

DOI 10.22533/at.ed.5232021014

CAPÍTULO 5 76

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS

Lenise Farias Martins
Rafael Pereira Maciel
Luis Henrique Magalhães Costa

DOI 10.22533/at.ed.5232021015

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

CAPÍTULO 12 161

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210112

CAPÍTULO 13 180

APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO

Luiz Claudio Drumond

DOI 10.22533/at.ed.52320210113

CAPÍTULO 14 190

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 KUBITSCHEK UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET

Stefan Igreja Mühlhofer
Carolina Silva de Oliveira Sá Teles

DOI 10.22533/at.ed.52320210114

CAPÍTULO 15 204

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210115

CAPÍTULO 16 212

OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M³, SISTEMA PIRAPAMA-PE)

Hudson Tiago dos S. Pedrosa

DOI 10.22533/at.ed.52320210116

CAPÍTULO 17 228

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210117

CAPÍTULO 18 238

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210118

CAPÍTULO 19 247

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210119

CAPÍTULO 20 260

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

DOI 10.22533/at.ed.52320210120

CAPÍTULO 21 274

PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE

Manuella Andrade Swierczynski

DOI 10.22533/at.ed.52320210121

CAPÍTULO 22 293

PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES

Roberto Santos de Oliveira
Julio Cesar Oliveira Antunes
Lucas Olive Pinho Silva Gomes

DOI 10.22533/at.ed.52320210122

CAPÍTULO 23 305

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

CAPÍTULO 29 370

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

SOBRE O ORGANIZADOR 383

ÍNDICE REMISSIVO 384

CAPÍTULO 1

ALGORITMO DE BUSCA EXAUSTIVA PARALELA EM PROBLEMAS DE OTIMIZAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Data de aceite: 0601/2020

Data de submissão: 21/10/2019

Artemisa Fontinele Frota
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Sobral – Ceará
http://lattes.cnpq.br/1850137749322859

Luís Henrique Magalhães Costa
Universidade Estadual Vale do Acaraú - UVA
Sobral – Ceará
http://lattes.cnpq.br/5710487391407826

Rafael Pereira Maciel
Universidade Federal do Rio Grande - FURG
http://lattes.cnpq.br/9489198566647497

Marco Aurélio Holanda De Castro
Universidade Federal do Ceará - UFC
http://lattes.cnpq.br/9250831617884112

RESUMO: O sistema de distribuição de água é o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água e por isso é necessário que haja a otimização dos custos tanto na implantação como sua condição de funcionamento. Neste trabalho foi desenvolvido um algoritmo de busca exaustiva aplicado aos problemas de otimização de diâmetros e de operação de bombas. Visto que o número de soluções cresce exponencialmente em função do número de trechos, no caso da otimização de diâmetros, e da quantidade de bombas, no caso da otimização de estratégias operacionais, foi utilizada uma rede com 8 trechos para o custo mínimo de implantação e uma segunda rede com uma bomba para o custo mínimo energético. A análise do tempo computacional foi feita utilizando programação sequencial e programação paralela, sendo esta última responsável por uma grande redução do tempo de execução visto que a mesma atua por meio de multi threads, fazendo com que todos os processadores do computador sejam utilizados simultaneamente no processo de busca.

PALAVRAS-CHAVE: Redes de Distribuição de Água, Busca Exaustiva, Otimização.

PARALLEL EXHAUSTIVE SEARCH ALGORITHM IN PROBLEMS OF OPTIMIZATION OF WATER SUPPLY SYSTEMS

ABSTRACT: Water distribution networks are the most expensive components of a water supply system; therefore, it is important to optimize costs both in deployment and operation. For this paper, an algorithm was developed using exhaustive search applied to problems of diameter optimization and operational strategies for pumps. Since the number of algorithm iterations increases exponentially due to the number of pipes, in the case of diameters optimization, or to the number of pumps, in the

case of optimization of operational strategies, a network with eight pipes was used as model to find the minimum implementation cost, and a second network containing one pump was used to find the minimum energy cost. The computational time analysis was achieved using sequential parallel programming, the latter being responsible for a large reduction in execution time since it operates through multiple threads, causing all computer processors to be used simultaneously in the search process.
KEYWORDS: Water Distribution Networks; Exhaustive Search; Optimization.

1 I INTRODUÇÃO

É de fundamental importância que o homem tenha acesso à água de qualidade e em quantidades suficientes para satisfazer todas as necessidades. De acordo com o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, pode-se estimar que o setor saneamento brasileiro, no ano de 2017, gerou, aproximadamente, 580,9 mil empregos diretos, indiretos e de efeito. Logo, além de ser essencial à saúde, também é comprovado que a implantação de redes de distribuição de água possibilita o desenvolvimento econômico da população beneficiada. Além disso, as redes de distribuição melhoram a qualidade de vida dos habitantes com pouco tempo de implantação, já que proporcionam prevenção contra doenças relacionadas a esse líquido, melhora nos hábitos higiênicos da população, limpeza pública, entre outras.

Por outro lado, é necessário um grande investimento para a implantação e operação de redes de abastecimento de água, sendo esta a responsável pela maior parte dos custos de um sistema de abastecimento de água. Tendo isso em vista, a rede deve ser projetada de modo que os gastos sejam reduzidos ao máximo, já que o valor investido para a implantação de uma rede é altíssimo. Além disso, é preciso que haja a manutenção da rede, garantindo o adequado estado de operação.

Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, do SNIS, referente ao ano de 2017, para abastecimento de água há dados de 5.126 municípios com população urbana de 172,1 milhões de habitantes, assegurando uma representatividade de 92,0% em relação ao total de municípios e de 98,0% em relação à população urbana do Brasil. Desse modo, a maioria dos municípios brasileiros possui serviço de abastecimento de água, porém, é notável que a qualidade desse abastecimento é insuficiente, não somente nos aspectos químicos, físicos e bacteriológicos como também no que diz respeito ao atendimento da demanda.

O crescimento da população e a expansão das cidades fez surgir a necessidade de ampliar as redes existentes e de adequar os sistemas de bombeamento ao aumento da demanda, pois é comum que determinadas áreas não sejam abastecidas ou que em algumas horas do dia o abastecimento de água não seja satisfatório. Esse

problema diz respeito não somente a implantação de um sistema bem dimensionado, como também a gestão adequada e eficaz dos recursos hídricos.

Assim, surge a necessidade de estudo das opções de dimensionamento das tubulações, levando em consideração que quanto maiores os diâmetros, mais caros estes serão. Em contrapartida, reduzir os diâmetros aumenta a perda de carga, ou seja, mais energia será perdida pela água quando esta escoar e, consequentemente, as propriedades hidráulicas da rede, como pressões nos nós e velocidades nos trechos, têm suas qualidades reduzidas. Desse modo, para o dimensionamento ótimo da rede de distribuição de água é preciso que as restrições hidráulicas sejam atendidas, ou seja, que a rede proporcione condições mínimas de funcionamento para que seja garantido o abastecimento de água em todos os pontos.

Por outro lado, a otimização de estratégias operacionais de bombas se faz necessária para minimizar o custo energético com o sistema de bombeamento, visto que, em longo prazo, esse valor pode chegar a superar o custo de implantação da rede. Levando em consideração que o KWh possui custo diferente de acordo com a hora do dia e que o abastecimento de água não pode ser interrompido ou ter a qualidade prejudicada em nenhum momento, é necessário que as bombas contidas na rede de distribuição de água sejam ligadas em momentos que a tarifa de energia seja a menor possível e que nos momentos em que estiverem desligadas, a água armazenada nos reservatórios seja suficiente para suprir a demanda da população.

Diversos métodos já foram desenvolvidos com o intuito de reduzir os custos com sistemas de abastecimento de água para ambos os problemas. Exemplos de métodos encontrados na literatura para dimensionamento ótimo de redes de distribuição são: programação linear de Alperovits e Shamir (1977); algoritmo genético de Prasad e Park (2004); recozimento simulado de Cunha e Sousa (1999), busca harmônica de Geem et al. (2002); entre outros. Para o estudo de otimização de estratégias operacionais de bombas tem-se como exemplo programação linear de Francato e Barbosa (1999); algoritmo genético de Rao e Salomons (2007); otimização de colônia de formigas de López-Ibáñez et al. (2008); entre outros.

Contudo, nenhum dos métodos supracitados garante a otimalidade do dimensionamento, sendo o presente trabalho o único capaz de garantir a abordagem da solução ótima global. Embora o problema de otimização de diâmetros seja antigo, não há estudo que utilizasse a busca exaustiva, isto é, testasse todas as combinações possíveis para resolução dos problemas. Para o problema de otimização em estação elevatória, Costa et al. (2015) encontra a solução ótima global utilizando o método Branch-and-Bound, com a restrição da quantidade máxima de acionamentos de cada bomba igual a 3, o que reduz significativamente o espaço de busca.

Para compensar a desvantagem da busca exaustiva, que é o elevado tempo computacional, propõe-se o uso de programação paralela que, diferentemente

da programação sequencial, em que o programa é executado por apenas um processo, ou seja, há somente um fluxo de controle durante a execução, possui um sistema de divisão do programa em vários subprocessos, os quais são executados simultaneamente e conhecidos como threads, termo utilizado para definir uma sequência básica ordenada de instruções que pode ser passada ou processada por um único núcleo de CPU.

Desse modo, a eficácia desse método depende da quantidade de núcleos que possui o computador, já que quanto maior a quantidade de núcleos maior é a capacidade do computador de lidar com multitarefas e consequentemente maior será redução do tempo de execução da busca. A programação paralela tem sido amplamente utilizada na resolução de problemas de otimização aplicados à área de saneamento visando à redução do tempo computacional. Pezzi et al. (2014), Hernández et al. (1999) e López-Ibáñez et al. (2008) são exemplos de autores que alcançaram excelentes resultados fazendo uso de programação paralela para redução do tempo em problema aplicados à redes de distribuição de água.

Para o desenvolvimento desse método foi utilizada uma rotina que interage com o simulador hidráulico EPANET, que retorna o comportamento hidráulico de um determinado traçado, por meio de um conjunto de funções contidas na biblioteca EPANET Programmer's Toolkit. Para comprovação da eficácia desses modelos, foram analisadas duas redes exemplos da literatura para o estudo de dimensionamento ótimo, sendo uma ramificada e outra malhada, com o objetivo de evidenciar a utilidade para diferentes tipos de rede. Para o estudo da otimização de estratégias operacionais de bomba, a análise foi feita utilizando uma rede de pequeno porte, que contém uma bomba e dois reservatórios de níveis variáveis.

2 I OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal encontrar a solução ótima global para dimensionamento de tubulações e operação de estações elevatórias de redes de distribuição de água utilizando o método de busca exaustiva, isto é, avaliar todas as possíveis soluções para problemas de otimização de custos de implantação, a qual será feita mediante a redução de diâmetros das tubulações, e de operação, que é obtida utilizando a estratégia operacional de bomba que resulte no menor custo energético. Dado que o algoritmo de busca exaustiva percorre todo o espaço de busca para o problema, sendo a solução encontrada a solução ótima global, também é objetivo desse estudo comprovar a confiabilidade de alguns métodos da literatura, visto que alguns deles não fornecem resultados tão eficazes quanto aos encontrados nesse estudo. Além disso, este trabalho visa propor alternativas que reduzam o tempo computacional de busca, como a utilização de programação paralela.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Linguagem de Programação

A linguagem usada para elaborar os algoritmos de otimização de diâmetros de tubulações e de estratégias operacionais de bombas foi C# e a IDE (Integrated Development Enviroment) utilizada foi Microsoft Visual Studio. A linguagem C# foi escolhida pelo fato de ser uma linguagem clara e de fácil compreensão, possuir recursos de programação orientada a objetos e não apresentar problemas de compatibilidade com o ambiente Windows. Além disso, essa linguagem possui várias funções que facilitam o uso de programação paralela, o que proporciona um melhor rendimento com a utilização de multi threads para computadores que possuem mais de um núcleo.

Outra vantagem dessa linguagem é que essa linguagem é compatível com a toolkit do EPANET (EPANET Programmer's Toolkit) que é uma DLL (Dynamic Link Library) composta por várias funções que permitem que o programador personalize o mecanismo computacional do simulador hidráulico EPANET de modo a satisfazer necessidades especificas. Sendo assim, a toolkit é uma ferramenta indispensável para o desenvolvimento da rotina responsável pela otimização.

O computador utilizado na elaboração e execução do modelo tem um processador Intel® Core™ i3-4005U, 1,70GHz, cache de 3MB, com dois núcleos, quatro processadores e 4GB de memória RAM.

3.2 Otimização de Diâmetros

Para reduzir os custos com a implantação de sistemas de abastecimento de água foi desenvolvida uma rotina que consiste em, basicamente, processar um arquivo de extensão ".INP" contendo a rede que se busca otimizar, desenvolvida no EPANET, testando cada possível combinação de diâmetros e calculando o respectivo custo. As combinações são geradas a partir de conversões de base numérica, convertendo o número da combinação da base decimal para a base ND, em que ND é o número de diâmetros testado em cada trecho e dessa forma o número da combinação varia de 0 a {\mathrm{(ND)}}^\mathrm{n}-1), sendo n o número de trechos da rede. Desse modo, para cada algarismo que compõe o número gerado pela conversão é atribuído um valor de diâmetro, sendo a primeira combinação correspondente à rede que tem todos os valores de diâmetros iguais ao valor mínimo de diâmetro possível e a última a rede que tem todos os valores de diâmetros iguais ao valor máximo de diâmetro possível.

Por exemplo, em uma rede que possui 5 trechos, sendo cada trecho possui 4 opções de diâmetros (50 mm, 100 mm, 150 mm ou 200 mm), tem-se 45 = 1024 combinações e o número da combinação que varia de 0 a 1023 será convertido da

base decimal para a base 4, ou seja, cada algarismo do número formado só pode assumir os valores 0, 1, 2 e 3. Desse modo, cada algarismo do número representará um trecho sendo o número 0 equivalente ao diâmetro de 50 mm, o número 1 ao diâmetro de 100 mm, o número 2 ao diâmetro de 150 mm e o número 3 ao diâmetro de 200 mm. Logo, a primeira combinação de número 0, quando convertida para base 4 também será o número 0, ou seja, todos os trechos terão diâmetro igual a 50 mm, e a última combinação será a de número 1023, que quando convertido para a base 4 equivale ao número 33333, sendo assim, todos os trechos terão diâmetro 200 mm. A Tabela 1 apresenta as conversões para algumas combinações.

Número da Combinação	Conversão para BASE 4	Sequência de diâmetros (mm)
0	00000	50 50 50 50 50
1	00001	50 50 50 50 100
2	00002	50 50 50 50 150
3	00003	50 50 50 50 200
4	00010	50 50 50 100 50
1020	33330	200 200 200 200 50
1021	33331	200 200 200 200 100
1022	33332	200 200 200 200 150
1023	33333	200 200 200 200 200

Tabela 1: Conversões de base e diâmetros equivalentes.

Depois que a combinação é gerada, o custo é calculado e são verificadas as restrições hidráulicas. Essas restrições variam de acordo com o problema e geralmente são: as pressões nos nós (que devem estar entre os valores máximo e mínimo); as velocidades nas tubulações (que devem ser menores que a velocidade máxima permitida para cada diâmetro); a perda de carga unitária (que não deve ultrapassar o valor máximo estabelecido pelo projetista). Caso a combinação atenda todas as restrições, ela é considerada como uma solução viável.

Para diminuir o tempo computacional, após a primeira solução ser encontrada, as restrições hidráulicas das próximas combinações serão verificadas apenas se o custo da combinação gerada (ainda não simulada) for menor que o custo da solução encontrada. Caso isso aconteça e a combinação seja viável, o custo mínimo será atualizado e salvo junto com a combinação em um arquivo de texto. Quando todas as possibilidades forem testadas o programa mostra na tela o tempo computacional em segundos.

Essa estratégia foi utilizada tendo em vista que o tempo computacional para calcular o custo é bem menor do que para simular e checar as restrições hidráulicas, pois nessa etapa todos os diâmetros já foram informados e se trata de um cálculo

simples. Em contrapartida, para a análise das restrições é necessário um maior número de procedimentos, como atualizar os diâmetros na rede, executar a simulação hidráulica e, em seguida, captar informações referentes aos trechos e aos nós. Sendo assim, somente serão simuladas aquelas combinações que têm um custo menor do que o encontrado até então (iteração corrente). Essa estratégia proporcionou uma redução de 7,69% do tempo computacional em testes realizados.

Em testes preliminares, as restrições hidráulicas foram checadas e, somente após essas serem atendidas, o custo era calculado, o que apresenta como vantagem o fato de todas as soluções serem encontradas e listadas, porém, foi comprovado que realmente do modo como é indicado pelo fluxograma da Figura 1, o tempo computacional é diminuído significativamente, principalmente para análise de redes maiores. Além disso, a finalidade da busca exaustiva é saber solução ótima global, tornando desnecessário o conhecimento de outras soluções. Esses argumentos reforçaram a escolha do método utilizado para a resolução do problema.

O fluxograma da Figura 1 detalha o processo de execução:

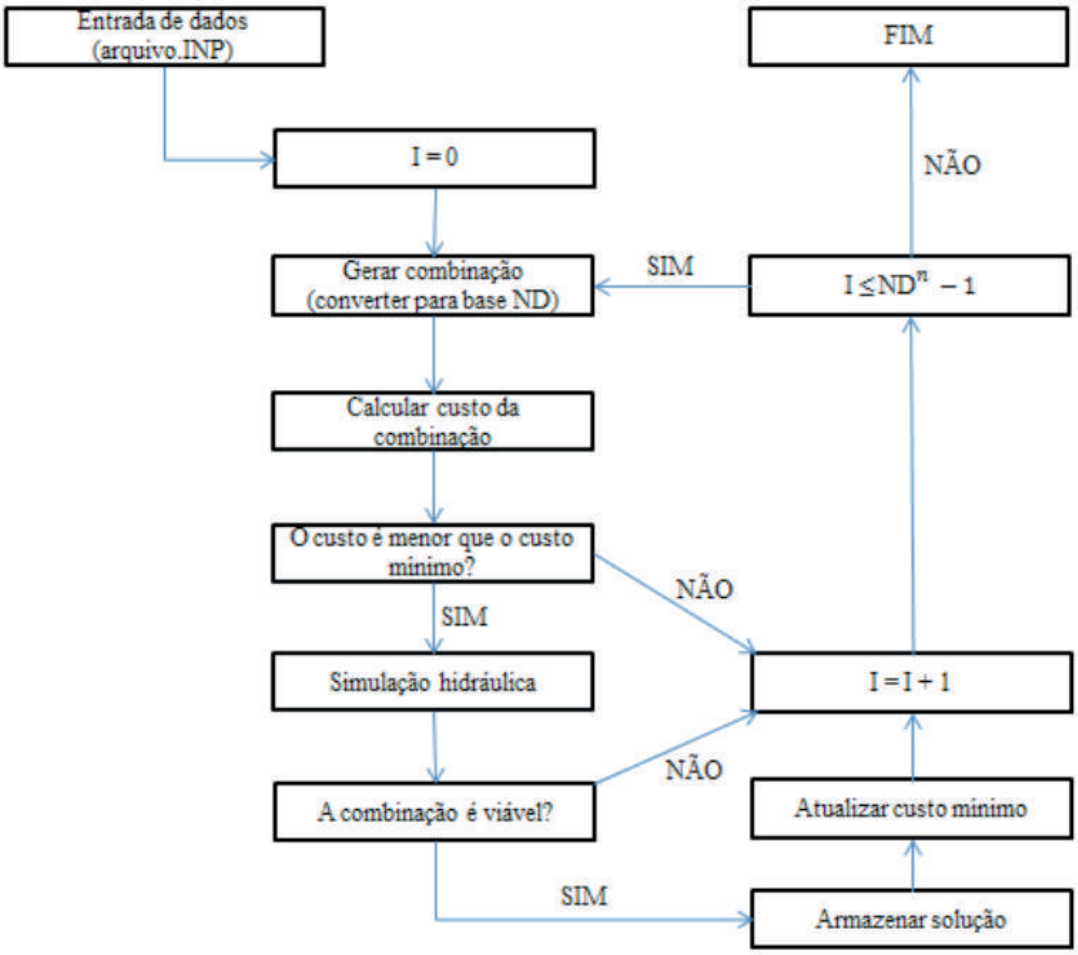


Figura 1: Fluxograma da metodologia proposta.

Quando o arquivo de entrada é processado, são extraídos da rede o número de trechos, assim como os respectivos comprimentos e o número de nós. O valor do custo da combinação () é dado pelo somatório dos custos de cada trecho, sendo

esses o produto do comprimento do trecho (L) pelo custo do metro de tubulação (Cm). Sendo assim, o custo da combinação é obtido pela Equação 1, em que NT é o número de trechos da rede:

$$C_t = \sum_{i=1}^{NT} L_i \; x \; Cm_i \qquad (1)$$

Como inicialmente não é conhecido um custo mínimo, todas as combinações de diâmetros são simuladas e as restrições hidráulicas são checadas até que a primeira solução viável seja encontrada. Quando isso ocorrer, o custo mínimo receberá o valor do custo da primeira solução viável encontrada e a partir disso cada combinação só será simulada e sua viabilidade checada se o custo dela for menor do que o custo mínimo. Confirmada a viabilidade da combinação, o custo mínimo será atualizado e a solução armazenada.

Para a adaptação do algoritmo à programação paralela foi necessário dividir o espaço de busca de acordo com a quantidade de threads. Desse modo, cada thread realizará uma parte da busca com (NDn / x) iterações, onde x é o número de threads. O esquema mostrado pela Figura 2 mostra como é feita a divisão das iterações.

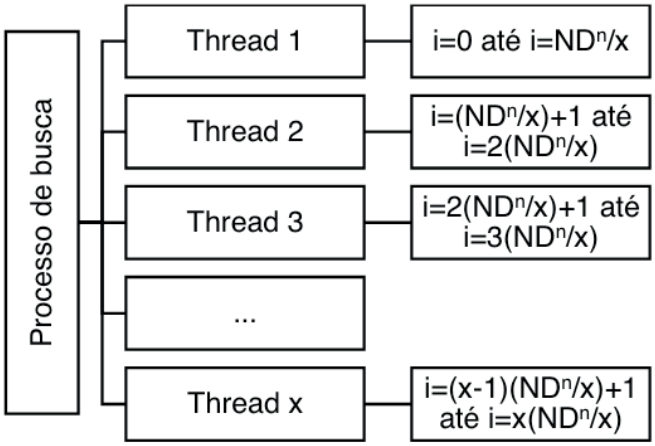


Figura 2 - Divisão do espaço de busca para o algoritmo proposto.

3.3 Otimização de Estratégias Operacionais

Da mesma forma que o programa de otimização de diâmetros, esse algoritmo processa um arquivo de extensão ".INP" contendo a rede estudada e cada possível solução é testada por meio de processos iterativos. Visto que uma bomba só pode ter dois estados, ligada ou desligada, para um determinado período, uma estratégia operacional consiste em dizer em quais momentos a bomba está ligada e em quais ela está desligada.

O número de iterações, isto é, o número de estratégias testadas é igual

à quantidade de possíveis estados da bomba elevado ao produto do número de períodos de tempo pela quantidade de bombas pertencentes a rede. Nesse estudo, a duração total da simulação é de 24 horas, em que cada período de tempo possui duração de 1 hora. Logo, a simulação possui 24 períodos de tempo e o número de iterações pode ser obtido pela Equação 2, sendo NB o número de bombas presentes na rede.

$$N = 2^{24 \cdot NB} \tag{2}$$

Logo, a presença de mais de uma bomba na rede de distribuição aumenta exponencialmente o número de iterações e torna complexa a utilização desse modelo computacional devido ao grande tempo computacional para testar e avaliar todas as possíveis soluções para o problema.

As estratégias operacionais nesse algoritmo também são geradas por meio da conversão de bases numéricas. Desse modo, o número da iteração, que varia de 0 até (224-1), é convertido da base decimal para a base binária, sendo o número 0 referente ao estado desligado e o número 1 ao estado ligada. Assim sendo, cada estratégia é composta por um vetor de tamanho igual ao número de horas da simulação, ou seja, 24, onde cada um dos seus parâmetros armazenará o valor do estado da bomba para sua respectiva hora. Desse modo, a primeira estratégia é referente ao vetor preenchido unicamente por 0, isto é, em todos as 24 horas a bomba está desligada, e a última corresponde aquela em que a bomba permanece ligada durante toda a simulação.

Após a estratégia ser gerada, são checadas as restrições hidráulicas impostas para que a estratégia operacional garanta o fornecimento ininterrupto de água à população. Dessa forma, deve-se garantir que durante todo o período de simulação os níveis de todos os reservatórios presentes na rede devem estar entre os níveis máximo e mínimo estabelecidos pelo projeto e que o nível de cada um durante a última hora seja superior ou igual ao nível da primeira hora do dia. Caso a estratégia seja viável o custo é calculado, sendo salva em um arquivo de texto.

O fluxograma apresentado pela Figura 3, mostra o esquema construtivo do algoritmo de otimização de estratégias operacionais de bombas.

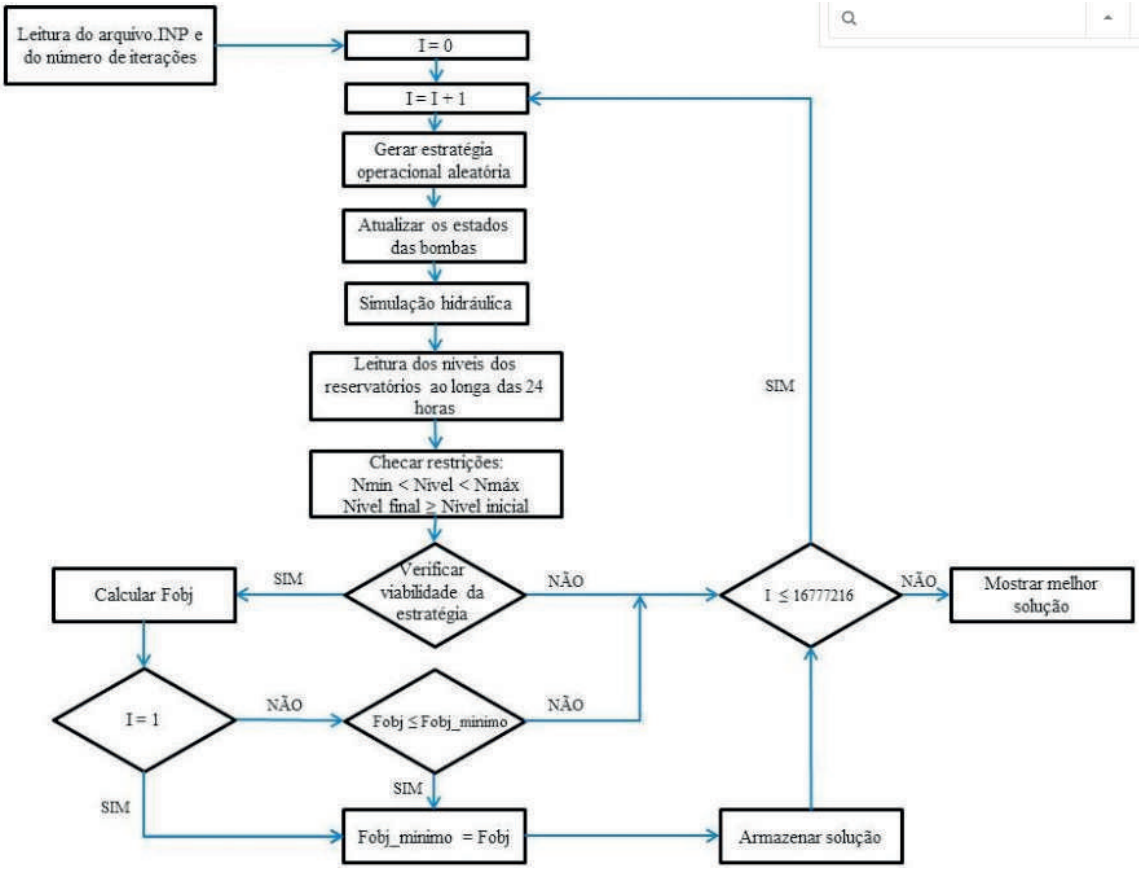


Figura 3: Esquema construtivo do algoritmo de otimização de estratégias operacionais.

Como mostra o fluxograma, inicialmente o algoritmo faz a leitura do arquivo ".INP" e são extraídos dados importantes para a realização das iterações, como a duração total da simulação, o número de períodos de tempo que compõe o padrão da bomba, a tarifa energética para cada hora do dia, os níveis inicial, mínimo e máximo de cada reservatório e o intervalo de cálculo hidráulico. Logo após, é calculado o número de iterações e o processo é iniciado.

Vale ressaltar que trabalhar com padrões de tempo significa que o tipo de simulação é dinâmica, ou seja, para cada iteração serão verificadas as restrições hidráulicas a cada hora. A metodologia adotada para definir se a estratégia é viável ou não consiste em criar um vetor representativo, de mesmo tamanho do vetor da estratégia, que possui todos os parâmetros inicializados como zero e cada um deles representa um período da simulação.

Para cada erro encontrado, isto é, não satisfação de alguma das restrições hidráulicas, em determinada hora, será acrescentada uma unidade no valor que equivale a hora no vetor representativo. Desse modo, ao término da simulação, para cada estratégia será feita a soma de todos os parâmetros presentes no seu vetor representativo, caso a soma seja zero a estratégia é viável.

Caso a solução seja viável é calculado o custo energético (CE), que pode ser obtido pelo somatório do produto da energia em kWh (P) pela tarifa energética (T)

em cada hora, como mostra a Equação 3. A energia gasta pela bomba é obtida mediante a uma função contida na toolkit do EPANET, que retorna a energia em kWh gasta para determinado período da simulação. Desse modo, para cada execução de cálculo hidráulico, que pode ser feito mais de uma vez dentro do período de uma hora, é obtido um valor de energia e são somadas as parcelas para determinar a quantidade de energia em kWh para cada hora da simulação.

$$C_E = \sum_{i=1}^{n} P_i * T_i \qquad (3)$$

O primeiro custo mínimo adotado é o valor da primeira estratégia viável. Todas as estratégias viáveis e seus respectivos custos são salvos em um arquivo de texto e contabilizados. Ao final da busca o programa retorna o tempo computacional requerido, o número de soluções viáveis disponíveis e a melhor estratégia operacional encontrada, bem como o custo.

A adaptação do algoritmo de otimização de estratégias operacionais de bombas à programação paralela é feita de forma semelhante ao do algoritmo de dimensionamento ótimo, sendo a busca dividida em x threads, cada uma com (224/x) iterações. A figura 4 mostra como se deu a divisão do espaço de busca para essa aplicação.

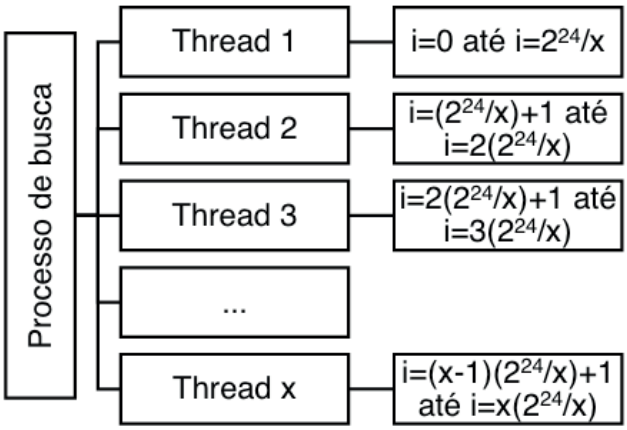


Figura 4: Divisão do espaço de busca para algoritmo de otimização de estratégias operacionais de bombas.

4 I RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Otimização de Diâmetros

A fim de comprovar a aplicabilidade do modelo computacional apresentado, tem-se como objeto de estudo a rede hipotética 1, que foi analisada por vários pesquisadores, composta por dois anéis, 8 trechos e 6 nós, apresentada em Alperovits e Shamir (1977). O traçado é mostrado na Figura 5, assim como os consumos nos

nós, as cotas de terreno e os comprimentos das tubulações. Serão testados 14 diâmetros diferentes que são 25,4 mm, 50,8 mm, 76,2 mm, 101,6 mm, 152,4 mm, 203,2 mm, 254,0 mm, 304,8 mm, 355,6 mm, 406,4 mm, 457,2 mm, 558,8 mm e 609,6 mm, com características representadas na Tabela 2. As perdas de carga serão calculadas pela fórmula de Hazen Williams, com C=130, e a pressão mínima nos nós é 30 mca.

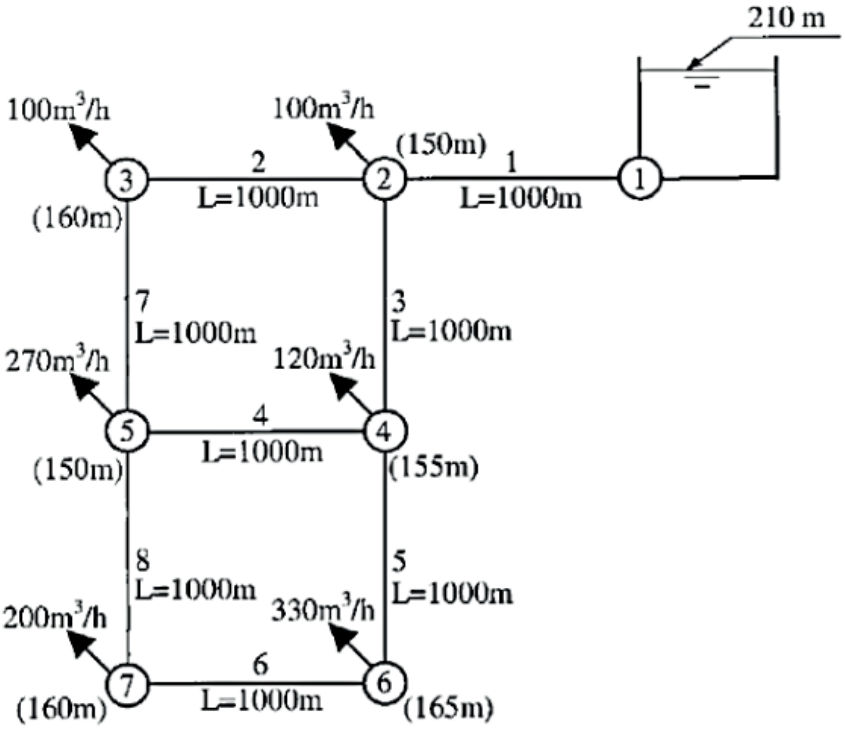


Figura 5: Rede hipotética 1.

Diâmetro (pol.)	Diâmetro (mm)	Custo (un.)
1	25,4	2
2	50,8	5
3	76,2	8
4	101,6	11
6	152,4	16
8	203,2	23
10	254,0	32
12	304,8	50
14	355,6	60
16	406,4	90
18	457,2	130
20	508,0	170
22	558,8	300
24	609,6	550

Tabela 2 - Custos para tubos.

Fonte: Elaborada pelos autores com base em Alperovits e Shamir, 1977.

Para este caso, a rede é composta por 8 trechos e existem 14 opções de diâmetros. Logo, temos 148 = 1475789056 combinações, onde o número da combinação varia de 0 a 1475789055, o qual será convertido da base decimal para a base 14. Cada algarismo do número obtido poderá assumir os valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, ou 13 que corresponderam, respectivamente, aos diâmetros 25,4 mm, 50,8 mm, 76,2 mm, 101,6 mm, 152,4 mm, 203,2 mm, 254,0 mm, 304,8 mm, 355,6 mm, 406,4 mm, 457,2 mm, 558,8 mm e 609,6 mm. A combinação que proporcionou o menor custo é representada na Tabela 3, assim como as informações referentes às pressões nos nós e velocidades e perdas de carga nos trechos.

Trecho	Diâmetro (mm)	Diâmetro (pol.)	Vazão (L/s)	Velocidade (m/s)	Perda de carga (m)	Nó	Pressão (mca)
1	457,2	18	311,11	1,90	6,75	2	53,25
2	254,0	10	93,58	1,85	12,78	3	30,46
3	406,4	16	189,76	1,46	4,80	4	43,45
4	101,6	4	9,05	1,12	14,65	5	33,80
5	406,4	16	147,38	1,14	3,00	6	30,45
6	254,0	10	55,71	1,10	4,89	7	30,55
7	254,0	10	65,80	1,30	6,66		
8	25,4	1	0,16	0,31	6,75		

Tabela 3: Resultados utilizando o método proposto.

A solução ótima global possui a seguinte combinação de diâmetros: 457,2 mm, 254,0 mm, 406,4 mm, 101,6 mm, 406,4 mm, 254,0 mm, 254,0 mm e 25,4 mm. Essa combinação corresponde ao número A6939660 na base 14 e é a combinação de número decimal 1104293876. O custo total da tubulação foi de 419000 unidades monetárias. A menor pressão da rede foi 30,45 mca e a maior velocidade foi 1,90 m/s. Todas as possíveis soluções foram testadas em 12532 segundos, ou seja, aproximadamente 3 horas e meia.

A quantidade total de combinações que atenderam as restrições impostas pelo problema foi de 64128699 soluções viáveis, sendo o valor máximo de dimensionamento igual a 4400000 unidades. Logo, as soluções viáveis têm valor variando entre 419000 e 4400000 unidades. Devido ao elevado número de soluções não foi possível gerar o gráfico dos custos em função do número das soluções para analisar o comportamento dos resultados ao decorrer da busca, porém, é esperado que, a medida que o tempo de busca for passando, os custos tendam a aumentar,

visto que os menores diâmetros são testados primeiro.

Visando à diminuição do tempo computacional, foram feitos testes utilizando programação paralela com diferentes números de threads. Assim, foram realizados testes dividindo o espaço de busca em 2, 4, 6 e 8 partes. A Figura 6 apresenta os resultados de tempo para os algoritmos de otimização de diâmetros, em que é possível perceber que não houve grande redução de tempo a partir de 4 threads.

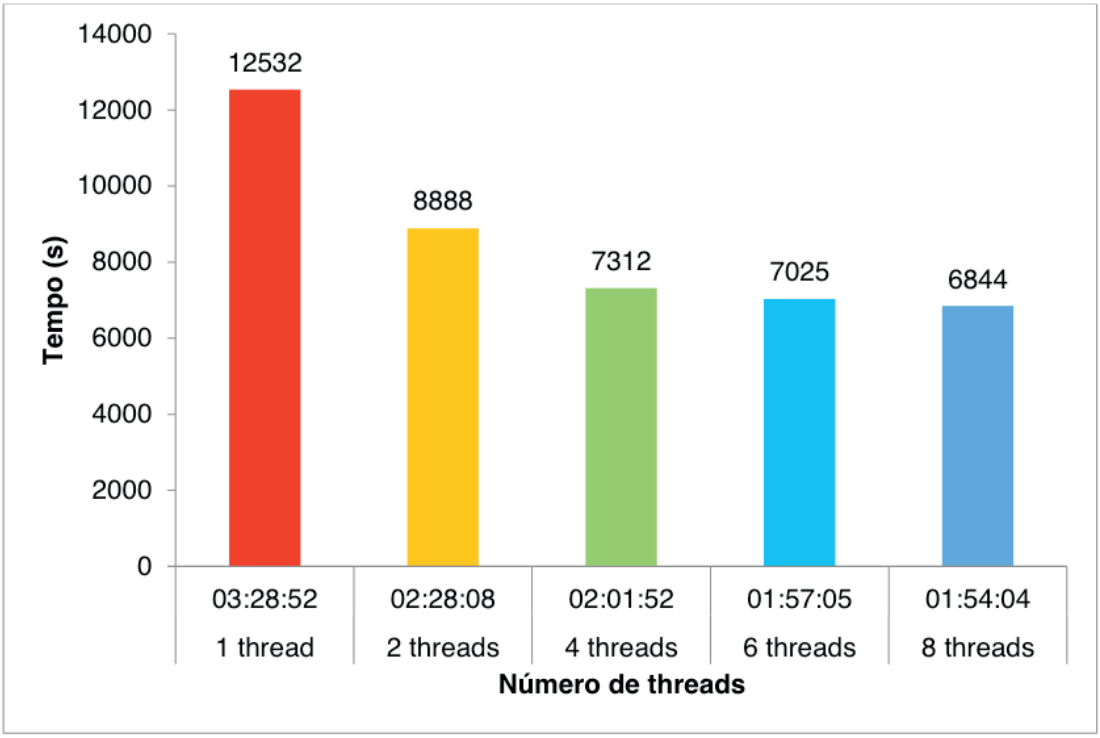


Figura 6: Resultados de tempo para algoritmos de otimização de diâmetros.

A quantidade de threads que proporcionou menor duração foi 8, com tempo computacional total de 1 hora 54 minutos e 4 segundos, representando uma diminuição de 54,61% do tempo computacional em relação a 1 thread. A Figura 7 mostra como se deu a divisão do espaço de busca utilizando a rede de Alperovits e Shamir.

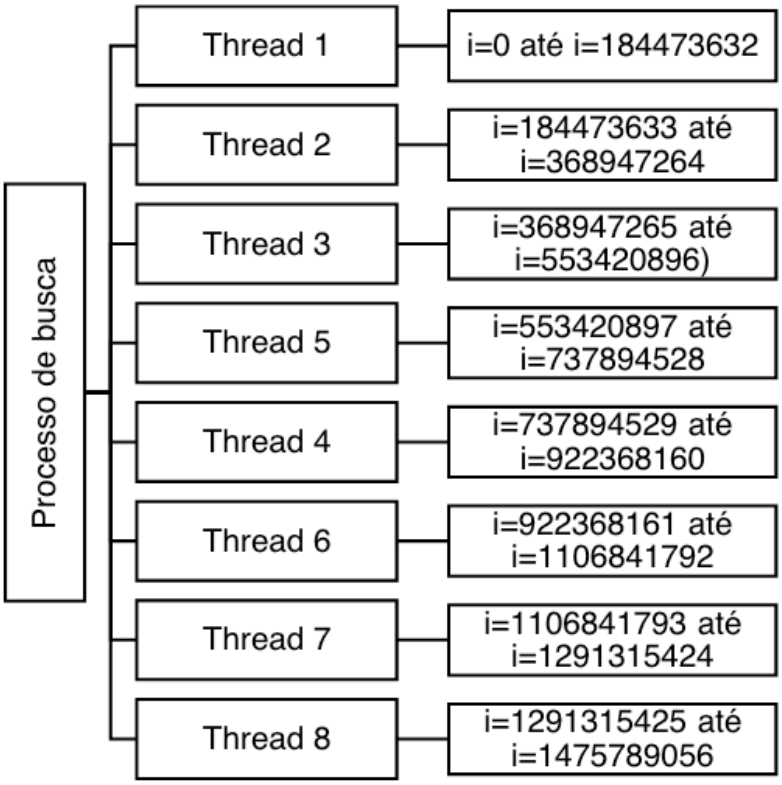


Figura 7: Divisão do espaço de busca utilizando a rede hipotética 1.

4.2 Otimização de Estratégias Operacionais de Bombas

Para validar o modelo computacional desenvolvido no estudo de otimização de estratégias operacionais, utilizou-se uma rede hipotética 2, criada por Francato e Barbosa (1999). A Figura 8 apresenta uma ilustração esquemática da rede utilizada para teste e as Tabelas 4 e 5 apresentam as características físicas referentes às tubulações e aos nós da rede. A Tabela 6 apresenta a tarifa energética cobrada pelo kWh de energia para cada hora do dia.

A equação da perda de carga utilizada para resolução do problema foi a de Hazen Williams, com coeficiente de rugosidade da fórmula C=130. A rede possui dois reservatórios de nível variável, sendo que o reservatório 1 possui os níveis máximo e mínimo, respectivamente, nas cotas 735 e 726 m. O reservatório 2, por sua vez, possuí os níveis máximo e mínimo, respectivamente, nas cotas 731 e 722 m. A duração total da simulação será de 24 horas, sendo o intervalo de cálculo hidráulico 1 hora.

Para que a estratégia operacional seja considerada viável é necessário que durante todo o período da simulação os níveis dos reservatórios estejam entre os níveis máximo e mínimo, que os níveis finais sejam maiores ou iguais aos níveis iniciais e que não haja mais do que 3 acionamentos da bomba durante o dia. É importante ressaltar que é considerado como sendo 1 acionamento se a bomba estiver desligada durante a última hora do dia e ligada durante a primeira, visto que

na mudança de um dia para o outro a bomba será acionada.

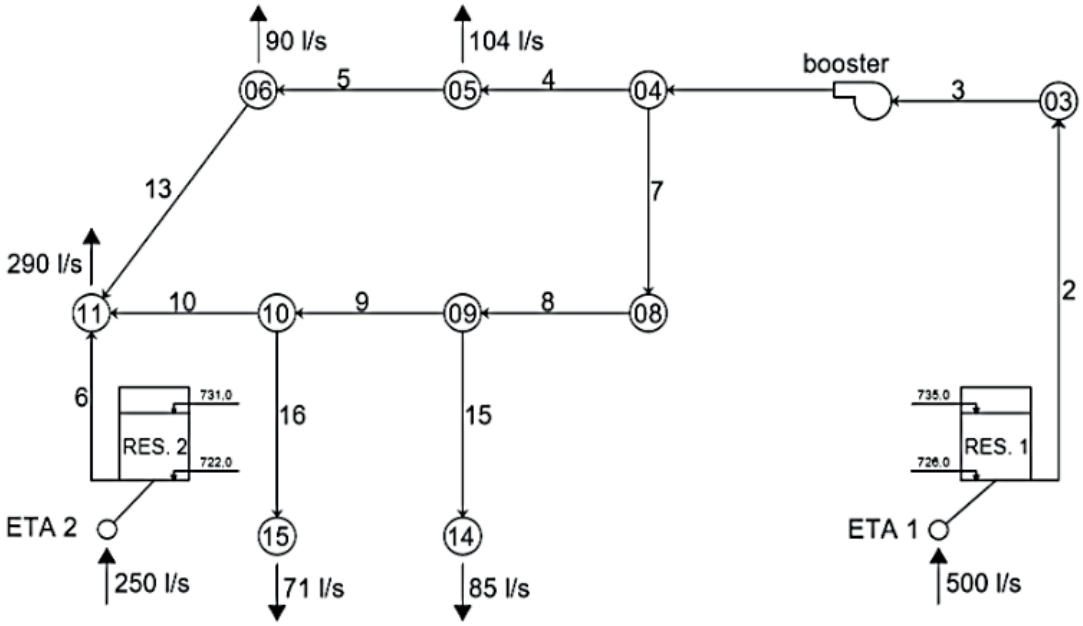


Figura 8: Rede hipotética 2.

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)
2	100	450
3	500	400
4	500	450
5	550	450
6	100	400
7	800	450
8	500	450
9	550	400
10	500	400
13	900	400
15	200	350
16	200	350

Tabela 4: Dados das tubulações da rede hipotética 2.

Fonte: Francato e Barbosa, 1999.

Nó	Cota (m)	Vazão Demandada (L/s)
3	715	0
4	720	0
5	714	104
6	713	90
8	717	0
9	715	0

10	710	0
11	716	399
14	713	85
15	707	71

Tabela 5: Dados dos nós da rede hipotética 2.

Fonte: Francato e Barbosa, 1999.

Hora	Tarifa (R$)	Hora	Tarifa (R$)
1	0,1814	13	0,3528
2	0,1814	14	0,3528
3	0,1814	15	0,3528
4	0,1814	16	0,3528
5	0,1814	17	0,3528
6	0,1814	18	0,8097
7	0,1814	19	0,8097
8	0,3528	20	0,8097
9	0,3528	21	0,8097
10	0,3528	22	0,1814
11	0,3528	23	0,1814
12	0,3528	24	0,1814

Tabela 6: Tarifas energéticas.

Visto que a rede possui apenas uma bomba, o número de estratégias total a serem testadas é igual a 224, ou seja, 16777216 estratégias. Logo o número das iterações varia de 0 a 16777215 e cada um será convertido da base decimal para binária, representando o estado da bomba para cada uma das 24 horas, onde 0 informa que a bomba está desligada e 1 que a bomba está ligada em determinada hora.

Sendo as cotas do fundo dos reservatórios iguais as cotas dos nível mínimo da água, temos que para o reservatório 1 o nível mínimo da água é 0 e o máximo é de 9 m, sendo estabelecido o nível inicial igual a 4 m. Para o reservatório 2 o nível mínimo da água também é 0 e o nível máximo é de 9 m, sendo inicializado com 4 m. Vale ressaltar que durante o processo de busca os níveis dos reservatórios serão verificados de acordo com a pressão nos pontos representados pelos reservatórios, visto que não há uma função na toolkit que retorne especificamente o nível da água.

A melhor estratégia computacional encontrada, ou seja, aquela que proporcionou o menor custo diário e que atendeu a todas as restrições impostas é mostrada pela Tabela 7.

Hora	Estado da Bomba	Hora	Estado da Bomba
1	0	13	1
2	0	14	1
3	0	15	1
4	1	16	1
5	1	17	1
6	1	18	0
7	1	19	0
8	0	20	0
9	0	21	0
10	0	22	1
11	1	23	0
12	1	24	0

Tabela 7: Melhor estratégia operacional encontrada.

Durante o processo de busca foram encontradas 32704 soluções que atendem as restrições impostas, sendo o menor custo energético diário encontrado igual a R$ 1010,89 e sendo necessários 19 minutos e 51 segundos para completar toda a busca.

A Figura 9 mostra os níveis dos reservatórios em função do tempo. O menor nível atingido pelo reservatório 1 foi de 3,53 m e o maior foi de 8,89 m. Para o reservatório 2, o menor e o maior nível atingidos foram, respectivamente 3,83 e 8,16 m. Além disso, é possível notar pela Figura 8 que os níveis são maiores ao final da simulação do que no início. Desse modo, a melhor estratégia encontrada pelo algoritmo desenvolvido nesse estudo atende as restrições impostas.

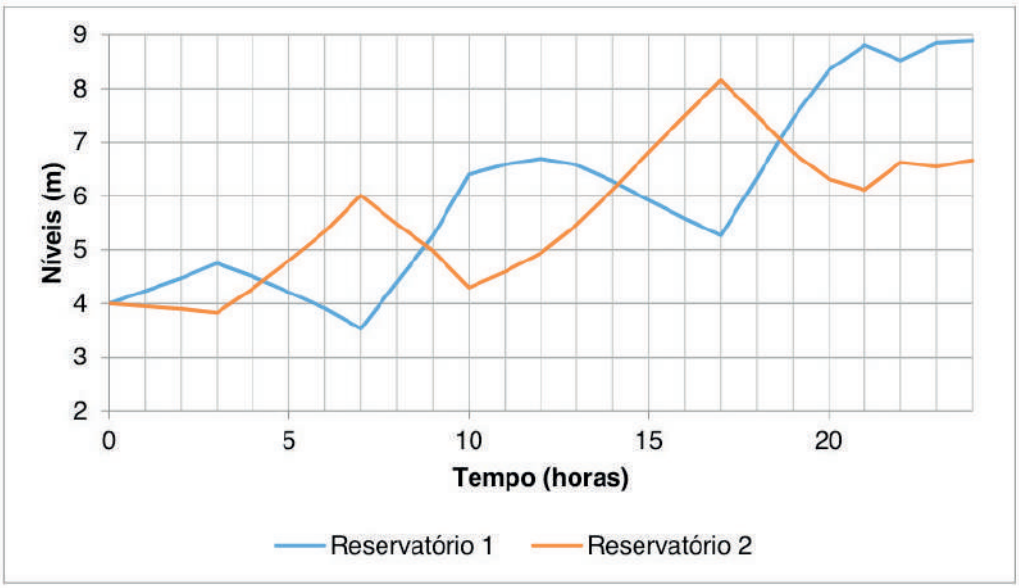


Figura 9: Níveis dos reservatórios durante a simulação.

Para esse estudo de caso também foi feito o uso de programação paralela para otimizar o tempo computacional. Os testes foram realizados com a divisão da busca em 2, 4, 6 e 8 threads. Os resultados de tempo são mostrados na figura 10, onde é possível perceber que não houve significativa redução a partir de 4 threads.

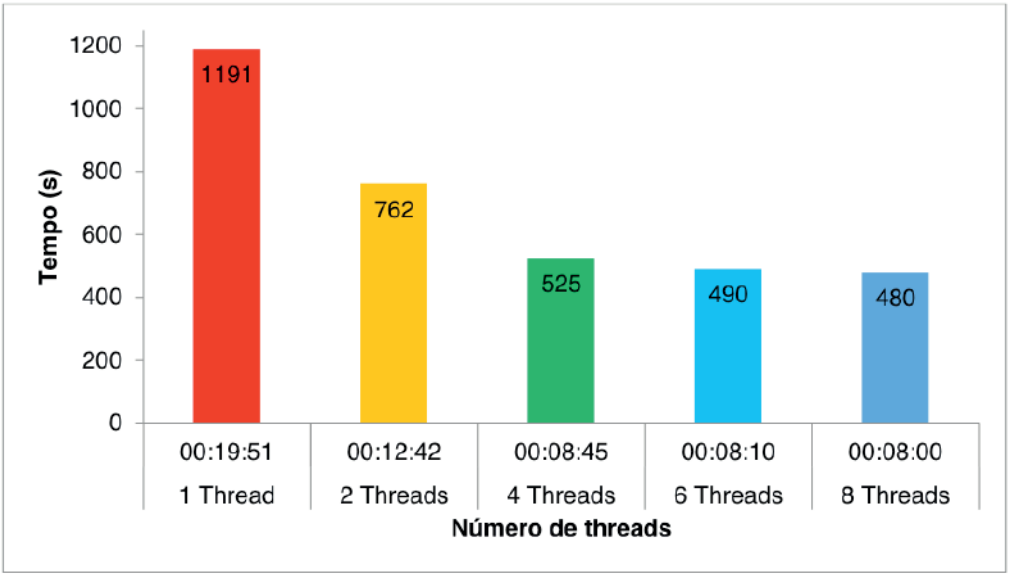


Figura 10: Resultados de tempo para algoritmo de otimização de estratégias operacionais de bombas.

O algoritmo que apresentou melhor resultado foi o de 8 threads, com duração total de exatos 8 minutos, proporcionando uma diminuição de 59,70% do tempo computacional em relação a 1 thread. A Figura 11 apresenta a divisão do espaço de busca para o estudo da rede de Francato e Barbosa utilizando 8 threads, que será sempre a mesma para redes que possuem apenas uma bomba.

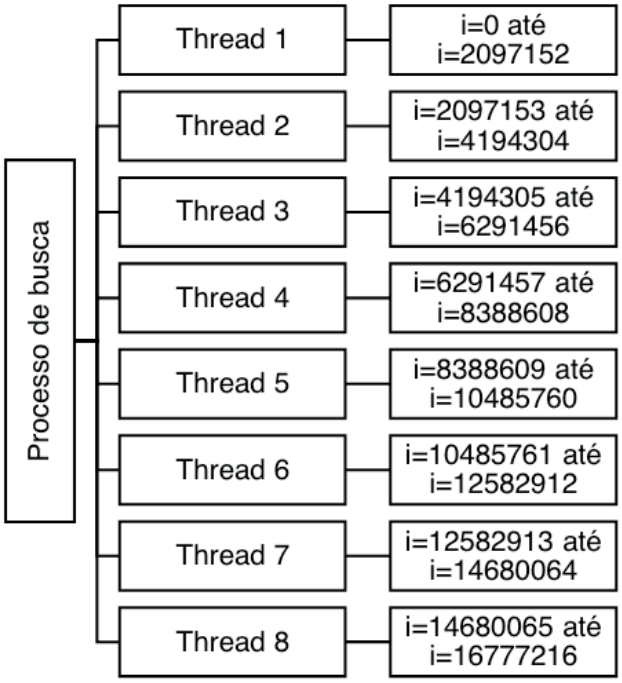


Figura 11: Divisão do espaço de busca para o estudo da rede hipotética 2.

5 I DISCUSSÃO

5.1 Otimização de Diâmetros

Vários trabalhos utilizaram a rede Alperovits e Shamir como objeto de estudo visando a redução máxima do custo, sendo exemplos mostrados na Tabela 8. Alguns desses métodos consistem em dividir trechos, podendo cada um deles ter mais de um diâmetro, sendo o custo mínimo o de Eiger et. al. (1994), com 402352 unidades monetárias. Dos trabalhos encontrados sem a divisão de trechos, o menor custo encontrado foi de 419000 unidades monetárias.

Literatura	Método	Custo (un.)
Alperovits e Shamir (1977)	Programação linear	497525
Goulter et al. (1986)	Programação linear	435015
Savic e Walters (1997)	Algoritmo genético	419000
Sherali e Smith (1997)	Programação linear	436684
Sherali et al. (1998)	Programação linear	436915
Abebe e Solomatine (1998)	Algoritmo genético	419000
Cunha e Sousa (1999)	Recozimento simulado	419000
Todini (2000)	Índice de resiliência	419000
Geem et al. (2002)	Busca harmônica	419000
Eusuff e Lansey (2003)	Algoritmo de pulo de sapo	419000
Prasad e Park (2004)	Algoritmo genético	419000
Presente modelo	Busca exaustiva paralela	419000

Tabela 8: Soluções para a rede hipotética 1.

Vale acrescentar que, embora outros autores tenham encontrado a mesma solução, o método apresentado neste estudo é o único capaz de assegurar que a solução encontrada é a solução ótima global, já que todas as possibilidades de dimensionamento foram enumeradas e os custos calculados, o que valida a necessidade de utilizar a busca exaustiva para esse tipo de problema, não só por ser eficiente em encontrar a solução ótima global mas também por confirmar que os modelos desenvolvidos por outros autores, que chegaram a mesma solução, para esse estudo de caso, também são eficazes.

Em contrapartida, o fato de o número de combinações crescer exponencialmente em função do número de trechos da rede dificulta a utilização da busca exaustiva para redes com um número elevado de trechos. Como resultado disso, tem-se um grande tempo computacional para listar todas as possíveis soluções e avaliar os custos, sendo necessário a implementação de práticas que otimizem o tempo, como por exemplo a programação paralela, como foi demonstrado nesse trabalho por

meio de testes, apresentou grande eficácia na redução do tempo computacional, diminuindo-o quase pela metade.

Uma segunda estratégia seria reduzir a quantidade de diâmetros testados em cada trecho, já que uma pequena redução dessa variável resulta em uma grande redução do número de combinações. Vale ressaltar que o aumento da quantidade de trechos dificulta a construção e generalização de modelos baseados em pesquisa operacional como, por exemplo, programação linear e no tempo computacional para métodos estocásticos, como algoritmo genético.

5.2 Otimização de Estratégias Operacionais de Bombas

Em análise aos resultados obtidos para o estudo de otimização de estratégias operacionais de bombas, a Figura 12 apresenta o gráfico da variação do custo das estratégias viáveis ao decorrer da busca, que foi possível ser gerado nesse estudo já que esse problema possui uma menor quantidade de soluções viáveis do que o de dimensionamento ótimo. É possível notar que o custo tende a aumentar ao decorrer da busca. Isso ocorre devido ao fato de a busca começar com as combinações em que na maior parte do tempo a bomba está desligada e consequentemente o custo energético é menor.

Além disso, é possível perceber que existem regiões com custos mínimos quando comparados com os demais pontos próximos, mas que não representam o valor mínimo que o custo pode atingir, chamados de mínimos locais. Esses pontos são responsáveis pela convergência prematura de algoritmos estocásticos e consequentemente pela ineficácia desses métodos em encontrar a solução ótima global em alguns casos, tornando-os algoritmos menos confiáveis.

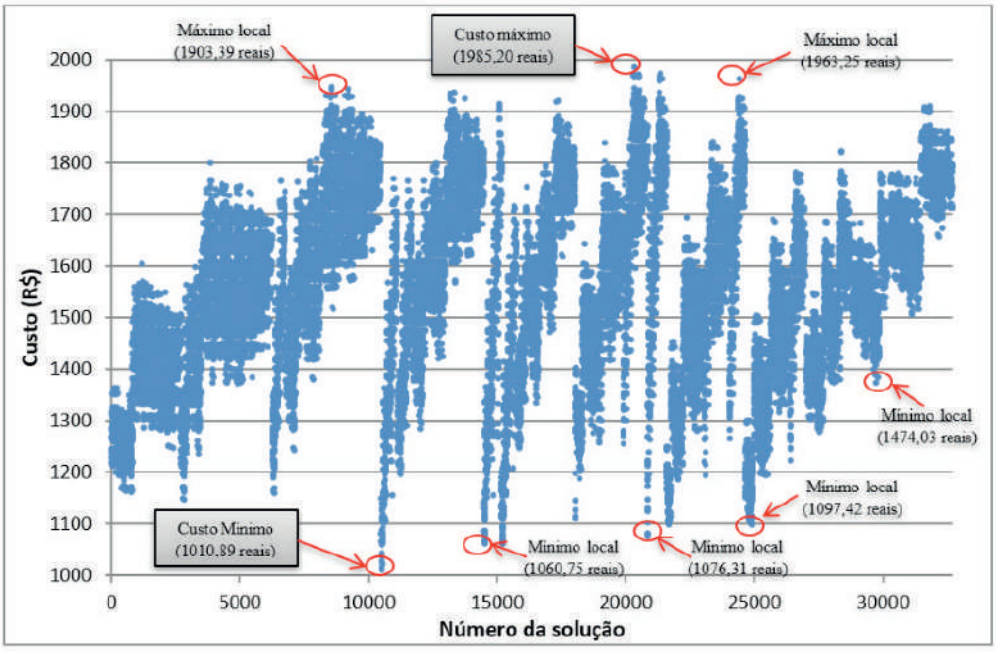


Figura 12: Estratégias viáveis o problema proposto.

6 | CONCLUSÕES

Definir o diâmetro ótimo para as tubulações de redes de distribuição e a estratégia que minimize o custo energético de bombas em sistemas de abastecimento de água tem sido um dos grandes desafios para os estudiosos da área. Vários métodos foram utilizados para otimizar os custos com implantação e operação dos sistemas. Este trabalho enumerou todas as possíveis soluções existentes para cada um dos problemas estudados e avaliou o custo de cada uma delas, a fim de encontrar a solução ótima global.

No estudo da otimização de diâmetros foi obtido um excelente resultado. Para a rede de Alperovits e Shamir, o método apresentado encontrou a solução ótima global e provou que os métodos que alcançaram o valor de 419000 unidades foram eficazes, como o de Cunha e Sousa (1999) e Prasad e Park (2004), pois não é possível haver solução com menor custo que a encontrada, visto que, pelo método de busca exaustiva, todas as combinações de diâmetro são testadas, ou seja, nenhuma combinação é excluída do espaço de busca, dado que para todas as possíveis combinações foi calculado o custo.

No caso da otimização de estratégias operacionais de bombas, é importante notar que, devido a alta potência das bombas utilizadas em redes de distribuição, o custo diário com energia elétrica é elevado e uma pequena redução já representa um valor significativo quando visto sob o ponto de vista mensal. Além disso, essa redução será resultado apenas da tomada de decisões, isto é, haverá economia em curto prazo sem que haja necessidade de investimento. Outro fator importante é que além de diminuir os custos, haverá a garantia do abastecimento de água ininterrupto, que nem sempre é satisfatório devido ao funcionamento inadequado dos sistemas de bombeamento.

O grande desafio da busca exaustiva está no grande tempo computacional necessário para testar todas as combinações, sendo viável apenas para redes com pequena quantidade de trechos, no caso da otimização de diâmetros, e para redes com apenas uma bomba, no caso da otimização de estratégias operacionais de bombas. Talvez no futuro, com o avanço da tecnologia, a capacidade de processamento dos computadores seja suficiente para processar redes com as características mencionadas anteriormente via busca exaustiva em tempos consideravelmente curtos.

Por enquanto, a melhor estratégia para a busca exaustiva encontrada é a utilização de programação paralela, a qual se mostrou eficaz na redução do tempo de execução, tanto para o algoritmo de otimização de diâmetros como para o de otimização de estratégias operacionais de bombas. Em ambos os programas a redução do tempo foi superior a 50%, podendo ainda ser aumentada utilizando

computadores com uma maior quantidade de núcleos ou dividindo a busca para vários computadores. Desse modo, o uso de busca exaustiva, que é a melhor opção em termos de confiabilidade, poderá ser feito futuramente com redes de maior porte para resolução de problemas de otimização de sistemas de distribuição de água.

REFERÊNCIAS

ABEBE, A. J.; SOLOMATINE, D. P. **Application of global optimization to the design of pipe networks**. Proc. 3rd International Conference on Hydroinformatics, Copenhagen Balkema Rotterdam, p. 986-996, ago. 1998.

ALPEROVITS, A.; SHAMIR, U. **Design of optimal water distribution systems.** Water Resources Research, v. 13, n. 6, p. 885-900, dez. 1977.

3COSTA, L. H. M.; PRATA, B. A.; CASTRO, M. A. H.; RAMOS, H. M. **A Branch-and-Bound Algorithm for Optimal Pump Scheduling in Water Distribution Networks**. Water Resources Management, v. 30, n. 3, p. 1037-1052, dez. 2015.

CUNHA, M. C.; SOUSA, J. **Water Distribution Network Design Optimization: Simulated Annealing Approach**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 125, ed. 4, p. 215-221, jul/ago 1999.

EUSUFF, M. M.; LANSEY, K. E. **Optimization of water distribution network design using the shuffled frog leaping algorithm**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 129, n. 3, p. 210–225, maio 2003.

FRANCATO, A. L.; BARBOSA, P. S. F. **Operação Ótima de Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água**. XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica. Águas de Lindóia, SP, 1999.

HERNÁNDEZ, V.; MARTÍNEZ, F.; VIDAL, A.M.; ALONSO, J.M.; ALVARRUIZ, F.; GUERRERO, D.; RUIZ, P.A.; VERCHER , J. **HIPERWATER: A High Performance Computing EPANET-Based Demonstrator for Water Network Simulation and Leakage Minimisation**. Water Industry Systems: modelling and optimization applications, v. 1, p. 141-153, set. 1999.

GEEM, Z. W.; KIM, J. H.; LOGANATHAN, G. V. **Harmony searsh optimization: application to pipe network design**. International Journal of Modelling and Simulation, v. 22, n. 2, p. 125-133, 2002.

GOULTER, I. C.; LUSSIER, B. M.; MORGAN, D. R. **Implications of head loss path choice in the optimization of water distribution networks**. Water Resources Research, v. 22, n. 5, p. 819-822, maio 1986.

LÓPEZ-IBÁÑEZ, M.; PRASAD, D.T.; PAECHTER, B. **Parallel Optimisation of Pump Schedules with a Thread-safe Variant of Epanet Toolkit**. Proceedings of the 10th Annual Water Distribution Systems Analysis Conference WDSA, ago. 2008.

PEZZI, G. P.; VAISSIÉ, E.; VIALA, Y.; CAROMEL, D.; GOURBESVILLE, P. **Parallel profiling of water distribution networks using the Clément formula**. Applied Mathematics and Computation, v. 267, p. 83-95, set. 2015.

PRASAD, T. D.; PARK, N. S. **Multiobjective genetic algorithms for design of water distribution networks**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 130, n. 1, p. 73–82, jan. 2004.

RAO, Z.; SALOMONS, E. **Development of a real-time, near-optimal control system for water distribution networks**. Journal of Hydroinformatics, v. 9, n. 1, p. 25-37, jan. 2007.

SAVIC, D. A.; WALTERS, G. A. **Genetic algorithms for least cost design of water distribution networks**. Journal of Water Resources Planning and Management, v. 123, n. 2, p. 67-77, mar. 1997.

SHERALI, H. D.; SMITH, E. P. **A global optimization approach to a water distribution network design problem**. Journal of Global Optimization, v. 11, n. 2, p. 107-132, set. 1997.

SHERALI, H. D.; TOTLANI, R.; LOGANATHAN, G. V. **Enhanced lower bounds for the global optimization of water distribution networks**. Water Resources Researsh, v. 34, n. 7, p. 1831-1841, jul. 1998.

BRASIL, MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2017**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

TODINI, E. **Looped water distribution networks design using a resilience index based heuristic approach**. Urban Water, v. 2, n. 2, p. 115-122, jun. 2000.

CAPÍTULO 2

POÇO ARTESIANO; AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA QUE ABASTECE A ZONA RURAL NO MUNICÍPIO DE CALÇADO-PE

Data de aceite: 09/01/2020

Angela Maria Coêlho de Andrade
Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA
Caruaru- Pernambuco

Caio Cesário de Andrade
Centro Universitário Tabosa de Almeida – ASCES/UNITA
Caruaru- Pernambuco

RESUMO: Águas subterrâneas são um recurso natural essencial para a vida humana e para o ecossistema da terra. Com sua escassez, o agravamento da poluição dos lençóis subterrâneos é notado na zona rural do município de Calçado, onde o seu fornecimento para a população rural é por caminhão-pipa e esta água é oriunda de um poço artesiano. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do poço artesiano que é fornecida por carro pipa para a população da zona rural do município de Calçado-PE, por meio de análises físico-químicas e microbiológica. Uma água própria para o consumo deve atender aos padrões de potabilidade e no Brasil foram definidos pelo Ministério da Saúde, através de portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Esta portaria estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água. Foram analisadas duas amostras provenientes do poço artesiano do Sítio Prata, feitas análises físico-químicas para a determinação de pH, condutividade, cor aparente, cloretos, dureza total e alcalinidade e análises microbiológicas para a determinação de coliformes totais a 35ºC e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos revelaram que todas as duas amostras estão de acordo com a legislação vigente para os valores das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água, Poço artesiano, Análises, Água subterrânea.

ARTESIAN WELL: QUALITY ASSESSMENT OF RURAL AREA WATER SUPPLYING IN THE CITY OF CALÇADO-PE

ABSTRACT: Groundwater are an essential natural resource for human life and the earth's ecosystem. Because of its scarcity, the aggravation of ground water pollution is noticed in the rural area of the municipality of Calçado, where its supply to the rural population is made by water truck and this water comes from an artesian well. This study aimed to evaluate the water quality of the artesian well that is supplied by water tanker to the population of the rural area of Calçados-PE, through physicochemical and microbiological analysis. Proper drinking

water must reach potability standards and in Brazil they were defined by the Ministry of Health, through Ordinance No. 2,914 of December 12, 2011.
This Ordinance establishes the procedures and responsibilities related to water quality control and surveillance. Two samples from the artesian well of Prata ranch were analyzed, physicochemical analyzes were performed to determine pH, conductivity, apparent color, chlorides, total hardness and alkalinity and microbiological analyzes to determine total coliforms at 35ºC and *Escherichia coli*. The results revealed that all two samples are in accordance with current legislation for the values of the physicochemical and microbiological analyzes performed.
KEYWORDS: Water quality, Artesian well, Analysis, Groundwater.

1 I INTRODUÇÃO

A água é o composto de primeira necessidade para qualquer ser vivo, tornando impossível a vida sem esse recurso. Atualmente, tem-se a comprovação de que este recurso foi e está sendo comprometido e que sua disponibilidade se encontra diminuída. Quando o assunto é água, sendo na sua forma pura ou em outras aplicações, é perceptível a grande necessidade para o planeta em geral, sua escassez acarreta em um problema mundial, devido ao mau uso nos últimos tempos (DANTAS, 2013).

A disponibilidade hídrica no mundo é o que mais preocupa o homem, pois 97,5% das águas disponíveis no planeta são salgadas, em consequência restam aproximadamente 2,5% de água doce. Desse percentual de 2,5%, cerca de 68,7% desse líquido estar armazenado em regiões polares em geleira, e 30,1% está confinado em reservatórios subterrâneos. Contudo as águas doces encontradas em rios e lagos corresponde somente a 0,27%, correspondendo em torno de 0,007% do volume no planeta (SANTOS, 2010).

Segundo Dantas (2013), devido ao aumento populacional, é preciso aumentar a demanda de água doce que já existe, com a implantação de política de gestão de bacias hidrográficas, que envolve tanto as águas superficiais quanto águas subterrâneas, para suprir o abastecimento público e a agricultura.

O Brasil se destaca por possuir aproximadamente 12% da descarga de água doce dos rios do mundo (ABE; GALLI, 2008). Entretanto, há grande desigualdade em relação à disponibilidade hídrica no território regional. Nas regiões mais secas do Nordeste, chega a chover cerca de 400 milímetros por ano, como a evapotranspiração é muito alta, sobra pouca água disponível para os rios e os lençóis subterrâneos (BRANCO, 2003).

As principais vantagens para a utilização de águas subterrâneas são (NATAL; NASCIMENTO, 2004); a) o baixo custo da construção de poços em relação ao custo das obras de captação de águas superficiais; b) alternativa de abastecimento para

pequenas e médias populações urbanas ou comunidades rurais; c) geralmente são de boa qualidade ao consumo humano.

As águas subterrâneas em geral são mais limpas do que as superficiais, desta forma, não necessitam do mesmo grau de tratamento para o consumo humano. Nos últimos anos, no agreste de Pernambuco, a água está escassa, desta forma, se faz necessário o uso de alternativas, e uma das alternativas utilizadas ultimamente é a perfurações de poços artesianos.

Nos poços artesianos, as águas fluem naturalmente do solo em um aquífero até a superfície. As águas de um poço artesiano, em geral, têm a pressão mais alta do que a pressão atmosférica, desta forma, o uso de bombas é desnecessário (TUNDISI; TUNDISI, 2011).

A água para ser ingerida é essencial que não contenha elementos nocivos à saúde, ou seja, ser potável que significa 'o que se pode beber'. O padrão de qualidade da água de abastecimento humano é o mais exigente. As legislações no Brasil (BRASIL, 2011), de potabilidade para o consumo humano e para as águas subterrâneas é de acordo com a portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (MS).

O município de Calçado está localizado no agreste de Pernambuco, no agreste meridional, fazendo parte do semi-árido pernambucano, está a 644 metros acima do nível do mar, onde a área na unidade territorial é de 121,945m² que se limita ao sul ao município de Canhotinho, norte e leste Lajedo e oeste Jupi, principal acesso é pela PE-158 (IBGE, 2010).

O poço artesiano, no município de Calçado-PE, está se caracterizando como uma solução para o consumo humano da população da zona rural, devido à escassez de água potável na região. A construção de poços artesianos traz muitos benefícios principalmente para populações que vivem em áreas com escassez.

Como a população rural do município de Calçado é abastecida por água de poço artesiano, este projeto teve a finalidade de avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos dessa água, utilizando o parâmetro de potabilidade definido pela portaria 2.914 de 2011 vigente do MS, que estabelece a norma de qualidade da água para consumo humano.

2 I METODOLOGIA

O projeto trata-se de uma pesquisa experimental/qualitativa/quantitativa, desenvolvida na zona rural no município de Calçado-PE. O estudo foi realizado de outubro de dois mil de dezesseis a maio de junho de dois mil e dezessete.

As amostras da água do poço artesiano de Calçado foram coletadas de acordo com as análises realizadas. Os recipientes onde foram coletadas as amostras foram

devidamente identificados com número controle das amostras, nome do pesquisador, local e ponto da coleta, data e hora coletadas. As amostras foram transportadas imediatamente para o Laboratório onde foram processadas. O poço está localizado no sítio prata, na estrada vicinal entre Lajedo e Calçado.

A análise laboratorial das amostras foi realizada de acordo a com a metodologia descrita pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) de acordo com a portaria de potabilidade nº 2.914 de dezembro de 2011 do MS (BRASIL, 2011).

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, alcalinidade de bicarbonatos, cor aparente, cloretos, dureza total e condutividade. Foram coletados 3 litros da água do poço artesiano em recipientes opacos com tampa, em dois dias diferentes.

Para análise da água do poço artesianos do sítio da prata da zona rural do município de Calçado-PE, foram coletas duas amostras (Amostra 1 e Amostra 2). Após coleta as amostras das águas foram encaminhadas para o Laboratório de análise de alimentos, águas e ambientais (LAMEN), onde foram feitos os ensaios físico-químicos e microbiológicos (LAMEN, 2017). O método adotado pelo laboratório é o P/A *colilert* em um saco transparente.

O exame da água destinada ao consumo humano é de fundamental importância, uma vez que quantificar a ausência ou a presença de microrganismos que podem ser prejudiciais à saúde humana. A finalidade da análise microbiológica é fornecer subsídios a respeito da sua potabilidade, ou seja, ausência de risco de ingestão provenientes da contaminação pelas fezes humanas e animais de sangue quente. A análise biológica foi realizada nas amostras para avaliação de coliformes e *Escherichia coli*, pelo método *colilert*.

As informações obtidas foram tabuladas em planilhas do *software* Excel, facilitando a organização das análises efetuadas e os resultados gerados submetidos a análises gráficas, fazendo um comparativo entre os resultados dos dados da literatura.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados desta pesquisa foram interpretados de acordo com as especificidades de cada parâmetro, sempre comparando os valores obtidos com os exigidos pela Portaria nº 2.914/2011 (BRASIL, 2011).

4 I ANÁLISES FISICO-QUÍMICA

Os métodos escolhidos para cada parâmetro foram, potenciometria (pHmetro)

para pH e alcalinidade, para cor espectofotometria (espectofotômetro), condutividade (condutivímetro), dureza foi feita a parti de uma titulação e o cloro pela cromatografia (cromatógrafo). A Tabela 1 mostras os resultados da análise físico-química das duas amostras da água do poço artesiano, onde é possível observar e comparar com valor máximo permitido (VMP).

Parâmetros	VMP	Resultado por Amostras	
		Amostra 1	Amostra 2
pH	6,0-9,0	6,9	6,6
Alcalinidade (mg/L de $CaCO_3$)	NC	80	60
Cor Aparente (uH)	15	0,098	0,096
Cloretos (mg/L)	250	76	68
Condutividade (mS)	NC	0,358	0,338
Dureza Total (mg/L de $CaCO_3$)	500	70	60

Tabela 1. Valor da análise físico-química, do poço artesiano da propriedade rural do sítio prata.

Fonte: Lamen (2017).

O pH da água é de grande importância quando em relação a distribuição pública, pois ele é um indicador de ácido base de um líquido, uma vez que, o organismo humano esteja mais adaptado em uma solução mais básica, podendo afetar a saúde pública diretamente quando consumida sem controle. Foi analisado em base bibliográfica, que o pH das duas amostras atende o VMP da portaria do MS, onde mostra o gráfico da Figura 1.

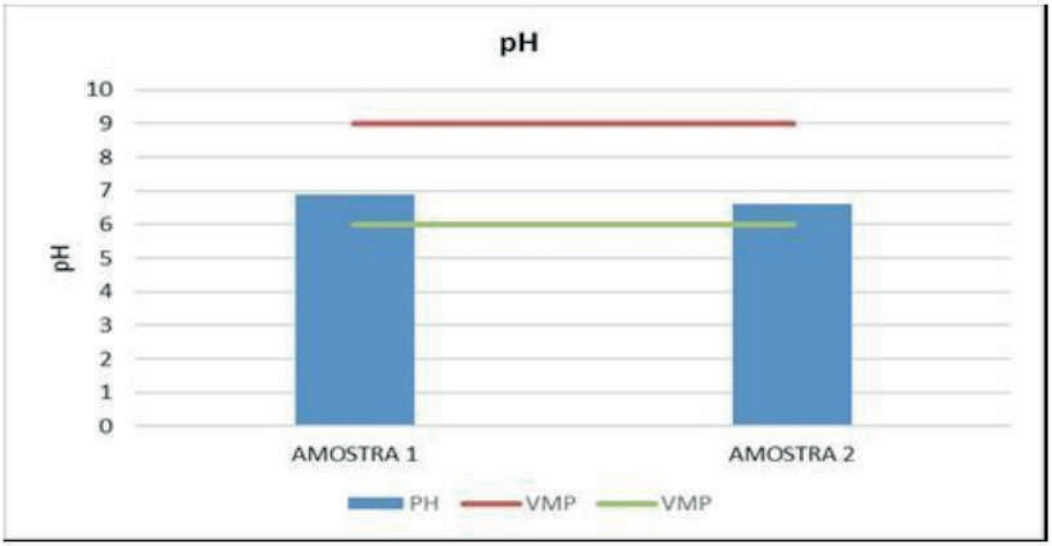


Figura 1. Dados analisados e VMP de pH das amostras do poço prata.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados semelhantes foram alcançados por Casali (2008), onde foram analisadas águas de poços fornecidas às escolas de comunidades rurais na região central do Rio Grande do Sul, onde o sítio de Tupanciretã no ponto T3 teve a primeira

amostra de pH de 6,9 e a segunda de 6,5. Os dois poços possuem uma característica mais ácida, mas ainda estão entre os parâmetros da portaria.

O pH da água de poço artesiano, segundo Moura et al. (2009) normalmente tem uma variação entre 5,5 e 8,5. Paludo (2010), analisou a água de sete poços artesianos, três dos poços analisados apresentaram valores em média de 7,5 e os quatro restantes pH entre as faixas de 7,0 e 7,3.

Richter e Netto (1991) afirmam que a alcalinidade pode ser identificada de acordo com o pH da amostra por pH> 9,4, alcalinidade de hidróxido e carbonos, pH > 8,4 e < 9,4 carbonos e bicarbonatos, pH > 4,4 e < 8,4 somente bicarbonatos e pH < 4,4 ácidos minerais.

Como o pH da amostra estava entre 6,6 e 6,9, foi observado que a água do poço possui carbonetos e bicarbonatos, onde a portaria do MS não atribui VMP para parâmetros de alcalinidade total. As amostras apresentaram uma alcalinidade de bicarbonatos mg/L de $CaCO_3$, de 80mg/L para a Amostra 1 e 60mg/L para amostra 2, como descrito no gráfico da Figura 2.

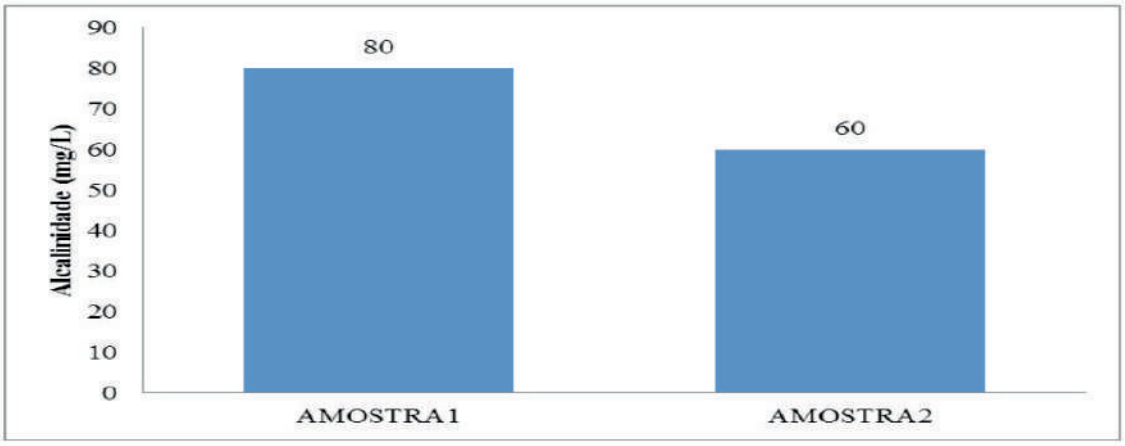


Figura 2. Valores de alcalinidade de bicarbonatos mg/L de $CaCO_3$ das duas amostras.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Capp et al. (2012) analisaram a água de poços artesianos no Estado de Mato Grosso do Sul, desses, três poços apresentaram valores elevados de alcalinidade, 55,5mg/L, 79,6mg/L e 154,2mg/L. Segundo Conceição et al. (2009), o aumento do valor da alcalinidade em águas subterrâneas é devido os processos de intemperismo químico.

A alcalinidade é a capacidade de neutralizar ácidos dissolvidos em uma quantidade líquida de compostos básicos. A alcalinidade é considerada parâmetro essencial na avaliação da qualidade da água para consumo (LIBÂNIO, 2005).

A cor da amostra é analisada por comparação visual em solução platina-cobalto, em concentração conhecida com o resultado em unidade Hazen (UH). A cor aparente se refere à determinação de cor em amostras com turbidez. A portaria do

MS estabelece para cor aparente de 15UH, como padrão de aceitação para consumo humano. Já as águas naturais apresentam um limite máximo de 75UH.

Os dois valores obtidos na análise estão entre o valor permitido do padrão para consumo humano e para as águas naturais. A primeira amostra teve um valor de 0,098 e a segunda 0,08. A Figura 3 repassa valores em forma de gráfico.

Todas as amostras de água de poço analisadas no trabalho de Paludo (2010) apresentaram um valor de cor aparente igual a zero, e Casali (2008) analisando a água das escolas de cinco comunidades na região central do Rio Grande do Sul, onde Santo Amaro, Tupanciretã e São Sepé, provenientes de poços artesianos tiveram uma característica de cor menor que um.

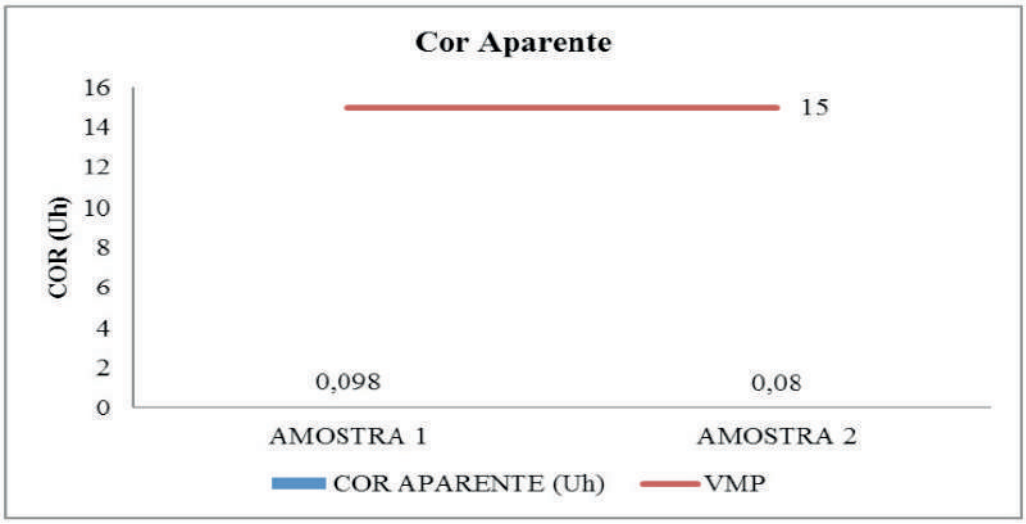


Figura 3. Dados da cor das amostras em (UH) e valor padrão da portaria.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A determinação da cor de uma água é, antes de tudo, uma caracterização estética, considerado sem grande significado sanitário, pois uma água isenta de cor pode ser menos potável do que uma água colorida. Quando a cor está acima dos padrões, além de esteticamente inaceitável, pode manchar roupas, peças sanitárias, entre outros (GUARIROBA, 2017).

Segundo o MS, em sua Portaria nº 2.914 de dezembro de 2011, o teor máximo de cloreto permissível, em águas de abastecimento, é de 250mg/L em cloro. O consumo inadequado com níveis acima do permitido pode causar efeito laxativo no organismo do ser humano.

As duas amostras estão dentro do estabelecido pela portaria do MS, com uma concentração aceitável de acordo com a portaria.

Os valores das duas amostras de água do poço artesiano, como mostra o gráfico da Figura 4, foi de 76 e 68mg/L, respectivamente para a Amostra 1 e Amostra 2.

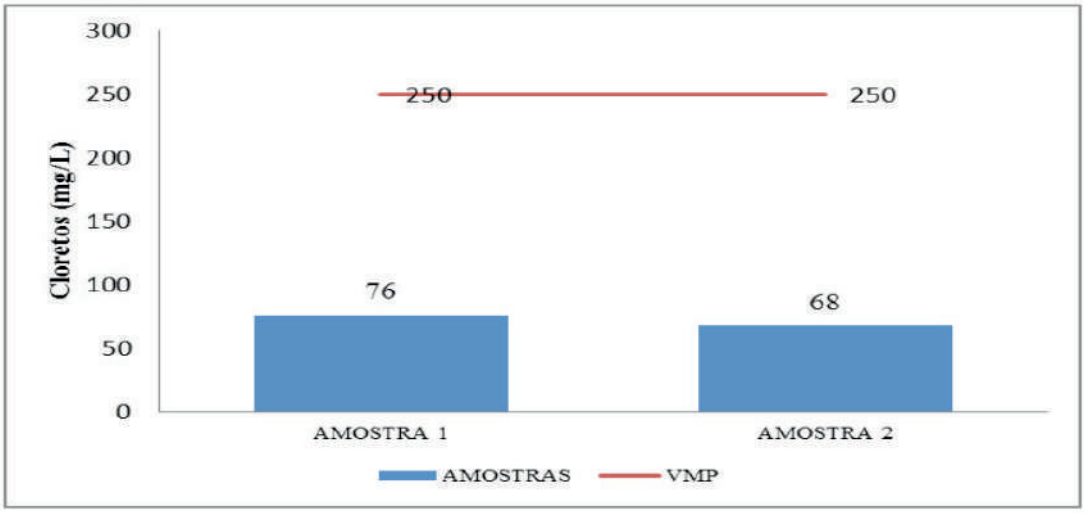


Figura 4. Dados das amostras de cloreto em mg/L e o valor padrão da portaria.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Valores aproximados de cloreto foram encontrado por Arruda et al. (2012) nas amostras das águas de poço de Araripina-PE onde o teor no ponto G4 foi de 95mg/L, abaixo do VMP.

Costa et al. (2012), avaliaram amostras de águas de poços artesianos de cinco microrregiões do Estado do Ceará, a região sul não apresentou níveis de cloreto acima da legislação vigente.

Com relação a cloretos, Capp et al. (2012) também avaliaram a água de poços artesianos e seis desses poços apresentaram valores acima do permitido pela Legislação, variando entre 283,6mg/L a 1038,3mg/L.

O cloro quando encontrado em concentrações maiores que 250mg/L pode agravar a rinite, asma, sinusite e reações alérgicas no organismo, principalmente no sistema respiratório. Uma vez que o homem tem contato direto, por exemplo, no banho ou piscina. O cloro em excesso ataca a pele e cabelo, podendo provocar coceiras (NETO; PINTO, 2017).

A condutividade elétrica de um fluído está diretamente ligada ao número de íons dissolvidos da amostra. Os íons são levados por águas superficiais ou até mesmo despejo inadequado de esgoto próximo ao local de coleta (PALUDO, 2010).

As duas amostras de água analisadas do poço do sítio prata, apresentaram uma condutividade de 0,3584mS/cm (Amostra 1) e uma pequena diminuição da condutividade com um valor de 0,3384mS/cm na Amostra 2 (Figura 5).

Valores aproximados foram evidenciados por Gasparotto (2011) que analisou amostras das nascentes da cidade de Piracicaba-SP, onde a condutividade da nascente 5 passo de 0,3mS/cm.

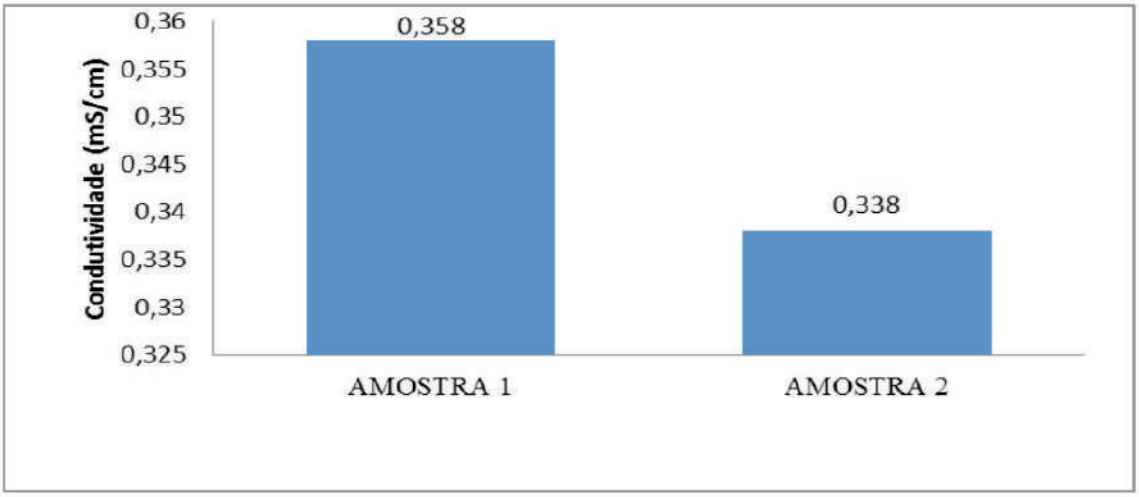


Figura 5. Dados de condutividade mS/cm das amostras e VMP da Portaria.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O aumento da condutividade elétrica pode ser um indício do aumento na concentração de sais (íons) desta amostra. A condutividade não representa um problema para a saúde humana, seu consumo pode causar o acúmulo de sais na corrente sanguínea e possibilitar a formação de cálculos renais.

A dureza estar relacionada diretamente com a presença de sais de cálcio e de magnésio, encontrada com mais frequência em águas subterrâneas devido às rochas que se encontra no canal do poço (GUARIROBA, 2017).

De acordo com os teores de sais de cálcio e magnésio, expressos em mg/L de $CaCO_3$, a água pode ser classificada em (RICHTER; NETTO, 1991); a) água mole- até 50mg/L; b) água moderadamente dura- de 50 a 150mg/L; c) água dura- de 150 a 300mg/L; d) água muito dura- acima de 300mg/L

As duas amostras analisadas (Figura 6) no laboratório se encontram com uma dureza média de 65mg/L de $CaCO_3$, sendo considerada como água “moderadamente dura”, segundo a bibliografia, e bem abaixo do VMP da portaria 2.914 de dezembro de 2011 do ministério do trabalho que é de 500mg/L $CaCO_3$. Nas pesquisas desenvolvidas por Capp et al. (2012), os poços artesianos analisados apresentaram valores permitido variando entre 20mg/L a 297mg/L.

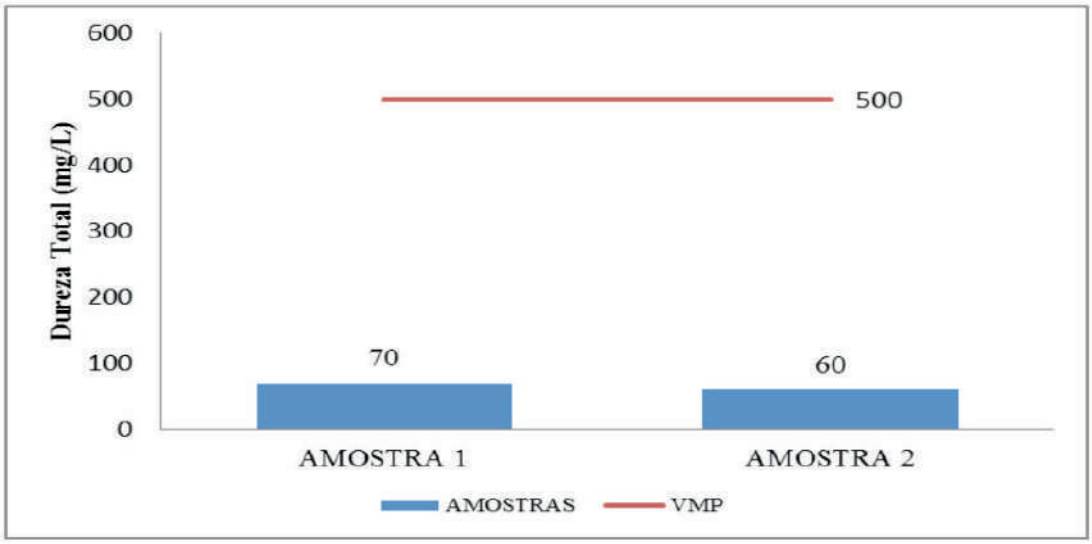


Figura 6. Dados de dureza total mg/L de $CaCO_3$ das amostras e VMP da Portaria.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Valores semelhantes foram encontrados por Casali (2008), na pesquisa em escolas nas comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul, na qual os valores nas comunidades de São Sepé, que teve uma média de 80,9mg/L de $CaCO_3$, e por Gasparotto (2011) com valores semelhantes na nascente 3, no qual a amostra realizada em janeiro foi de 61mg/L de $CaCO_3$, e a amostra de fevereiro foi 70mg/L de $CaCO_3$. Ficando claro que as amostras estão de acordo e com valores bem abaixo do valor máximo permitido pela portaria vigente.

5 I ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A aceitabilidade da água para consumo depende do aspecto da água, e uma água aparentemente limpa pode estar repleta de contaminantes químicos e microbiológicos (ALVES et al., 2010). A água para consumo humano deve ser isenta de substâncias químicas prejudiciais e ter ausência de microrganismos a saúde. As amostras analisadas encontram-se em conformidade com os padrões estabelecidos pela Legislação vigente.

A Tabela 2 apresenta os valores obtidos a parti da análise das amostras e a comparação com o VMP da portaria 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde para o controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e se padrão de potabilidade.

Parâmetros	VMP em 100mL	Resultado por amostras	
		Amostra 1	Amostra 2
Coliformes Total a 35°	Ausência	Ausência	Ausência
Escherichia coli	Ausência	Ausência	Ausência

Tabela 2. Dados das análises microbiológicas das duas amostras do poço prata.

Fonte: Lamem (2017).

Um estudo conduzido por Britto (2013) em comunidades rurais de várzeas do baixo rio Amazonas, especificamente na comunidade de Maracá no ponto 4, 100% das amostras comprova a ausência de coliformes em 100mL.

Em relação com a *Escherichia coli,* amostras idênticas foram obtidas por Britto (2013) na comunidade de Mazagão Velho do Rio Baixo do Amazonas onde não foi detectada a presença do mesmo, ou seja, ausência

Colvara, Lima e Silva (2009) avaliaram a qualidade bacteriana de poços artesianos da zona rural e da periferia de municípios da zona sul do Rio Grande do Sul e todas as amostras, 100%, estavam contaminadas por bactérias do grupo coliformes e com contagens elevadas, >2,3x10^1 (coliformes totais).

6 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

A água para consumo humano, sem tratamento adequado, apresenta-se como um dos principais veículos de parasitas e microrganismos causadores de doenças, tornando-se um importante elemento de risco à saúde da população que a consome. Considerada um dos recursos naturais indispensável ao homem, a água, vem sendo poluída de tal maneira que não se pode consumi-la em seu estado natural.

A água para consumo humano tem que atender os padrões de potabilidade. A norma de qualidade da água para consumo segundo a portaria nº 2.914 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde estabelece os valores máximos permitidos (VMP) para as características físico-químicas e microbiológicas da água potável.

O consumo de água do poço artesiano do sítio prata, não representa risco à saúde da população da zona rural do município de Calçado, uma vez que a água do poço se encontra dentro da legislação vigente, de acordo com as análises microbiológicas e físico-químicas realizadas. A perfuração de um poço artesiano de acordo com as normas técnicas e com uma tecnologia confiável fornece um maior aproveitamento da água subterrânea.

REFERÊNCIAS

ABE, D.S.; GALLI, C.S. **Disponibilidade, poluição e eutrofização das águas**. c. 10, p. 166, 2008. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-816.pdf>. Acesso em: 17 set. 2016.

ALVES, M.G.; et al. **Qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de campos dos goytacazes (RJ).** Anais. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 16, e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 17, 2010. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22944/1508>. Acesso em: 29 abr. 2017.

APHA. American Public Health Association Water Works Association & Water Enviroment Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Estados Unidos da América: A.E. 2012.

ARRUDA, G.B.; et al. Contaminações em sulfato e cloretos em águas de superfície e subsuperfície na região de Araripina-PE. **Estudos Geológicos**, v. 22, n. 2, p. 149-171, 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/estudosgeologicos/paginas/edicoes/2012222/2012222t11.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2017.

BRANCO, S.M. Água: origem, uso e preservação. 2ªed. São Paulo: Moderna, 2003, 96p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. 2011. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.htm>. Acesso em: 08 set. 2016.

BRITO, P.N.F. **Qualidade da água de abastecimento em comunidades rurais de várzea do baixo rio amazonas**. Dissertação. 50f. Universidade Federal do Amapá Pró-reitoria de Ensino e Graduação Curso de Ciências Ambientais. 2013.

CAPP, N.; et al. Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio(MS). **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 16, n. 3, p. 77-92, set./dez. 2012. Disponível em: <http://Capp%202012%20qualidade%20da%20água%20de%20poço.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2017.

CASALI, C.A. **Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul**. Dissertação. 173f. Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências Rurais Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo. 2008.

CONCEIÇÃO, F.T.; et al. Hidrogeoquímica do aquífero guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP). **Revista Geociências**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 65-77, 2009.

COLVARA, J.G.; LIMA, A.S.; SILVA, W.P. Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul**. Braz. J. Food Technol.**, II SSA, p. 11-14, jan. 2009.

COSTA, C.L.; et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. Semina: **Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 171-180, jul./dez. 2012.

DANTAS, P.H.N. **Fundamentos da gestão de recursos hídricos no Rio Grande do Norte**. Monografia. 51f. Universidade Federal Rural do Semiárido. RN: UFERSA. Angicos. 2013.

GASPAROTTO, F.A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Dissertação. 90f. Universidade de São Paulo. 2011.

GUARIROBA. **Águas Guariroba**. Disponível em: <http://www.aguasguariroba.com.br/sagua/info2.php>. Acesso em: 04 de mar. 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Estimativa Populacional. 2010. Acesso em: 01 set. 2016.

LAMEN. Laboratório de Análises de Alimentos, Águas e Ambientais. Garanhuns-PE, 2017.

LIBÂNIO, M. **Procedimentos da qualidade da água e tratamento de água**. 2ªed. Campinas: Átomo, p. 19-53, 2005.

MOURA, M.H.G.; et al. **Análise das águas dos poços artesianos do campus CAVG-UFPEL**. 2ª Amostra de trabalhos de tecnologia ambiental. Rio grande do Sul, 2009.

NATAL, L.; NASCIMENTO, R. Águas subterrâneas: conceitos e controvérsias. Boletim mídia ambiente. São Paulo, ano II, n. 6, out/Nov. 2004. Disponível em: <http://www.midiaambiente.org.br/UserFiles/File/Boletins/Boletim.2004.out.nov.pdf>. Acesso em: 18 set.2016.

NETO, J.L.S.; PINTO, M.R.O. **Análise de cloretos da água de abastecimento de uma cidade localizada no estado de Pernambuco através do método volumétrico de Mohr**. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/revistas/enect/trabalhos/Comunicacao_386.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2017.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesianos do município de Santa Clara do Sul**. Monografia. 77f. Centro Universitário Univates. Lajeado, dez. 2010.

RICHTER, C.A.; NETTO, J.M.A. **Tratamento de água: Tecnologia atualizada**. 1ªed. São Paulo: Blucher, p. 30-32, 1991.

SANTOS, N.D. **A economia sustentável dos recursos hídricos: a crise e o desperdício da água em Porto Alegre**. Monografia. 85f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. UFRGS. Porto alegre. 2010.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. **Recursos Hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de textos, p. 23-51, 2011.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DE DIGESTOR ANAERÓBIO PARA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL E VIABILIZAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO BIOGÁS NA GERAÇÃO DE ENERGIA

Data de aceite: 09/01/2020

Felipe R. A. dos Santos
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento de Santa Catarina (CASAN), Brasil – Gerência de Políticas Operacionais.
e-mail: frsantos@casan.com.br

Clément Van Vlierberghe
Université de Technologie de Compiègne (UTC), Sorbonne Universites, França – Departamento de Engenharia Biológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC.

Guilherme F. Campos
Companhia Catarinense de Águas e Saneamento de Santa Catarina (CASAN), Brasil – Gerência de Políticas Operacionais.

RESUMO: Reatores anaeróbios são ferramentas eficientes à problemática de remoção da matéria orgânica e sua conversão em biogás, sendo solução interessante na produção de energia sustentável, possibilidade de valorização do biogás como precursor da combustão em motores de cogeração e na redução do volume de lodo, reduzindo custos operacionais. O objetivo do trabalho foi avaliar o reator anaeróbio da ETE Canasvieiras operada pela Concessionária CASAN e obter informação para a otimização da produção do biogás para viabilizar sua utilização na cogeração de energia. Análises de AGV no reator mostraram uma média de 330 ± 51 $mg.L^{-1}$, indicando que o reator estava estável durante a alta vazão da alta temporada. Entretanto, observou-se um BMP médio para o lodo físico-químico de 153,5 $NmL_{CH4}.g_{SV}^{-1}$, indicando um efeito negativo, possivelmente, pela presença do alumínio e/ou sua combinação com o sulfato. Com base nestes valores, a produção diária estimada foi de 341 m^3 de metano, sendo possível gerar com isto 83% do consumo de energia da ETE avaliada. As análises efetuadas durante esse estudo permitiram visualizar que o reator é estável durante o período de baixa temporada quando o reator recebe uma carga reduzida de lodo, produzindo um lodo digerido composto por 53% de material volátil e concentração em AGV totais baixa e típica de um processo em bom estado de saúde. Porém, na alta temporada, um risco de sobrecarga do reator acaba evidenciada e uma redução no desempenho do retor pode ocorrer, particularmente devido à baixa concentração do lodo, gerando uma digestão incompleta do substrato.

PALAVRAS-CHAVE: Digestor Anaeróbio, Inibição da Atividade Microbiana, Sulfato de Alumínio, Lodo Físico-Químico, Biogás.

EVALUATION OF ANAEROBIC DIGESTER FOR OPERATIONAL OPTIMIZATION AND FEASABILITY OF THE USE OF BIOGAS IN ENERGY GENERATION

ABSTRACT: Anaerobic reactors are efficient tools for the removal of organic matter and its conversion to biogas, being an interesting solution for sustainable energy production, possibility of biogas valorization as a precursor of combustion in cogeneration engines and reducing sludge volume, reducing operational costs. The objective of this work was to evaluate the anaerobic reactor of ETE Canasvieiras operated by the CASAN concessionaire and to obtain information for the optimization of biogas production to enable its use in energy cogeneration. Reactor AGV analyzes showed an average of 330 ± 51 $mg.L^{-1}$, indicating that the reactor was stable during the high flow of the summer season. However, an BMP average of 153.5 $NmL_{CH4}.g_{SV}^{-1}$ was observed for the physico-chemical sludge, indicating a negative effect, possibly due to the presence of aluminum and/or its combination with sulfate. Based on these values, the estimated daily production was 341 m^3 of methane, making it possible to generate 83% of the energy consumption of the assessed ETE. The analyzes carried out during this study showed that the reactor is stable during the year when the reactor receives a reduced sludge load and producing a digested sludge composed of 53% volatile material and low total AGV concentration, typical of this process. However, in summer season, there is a overload risk of the reactor and a reduction in the performance of the reactor may occur, particularly due to the low sludge concentration, leading to incomplete digestion of the substrate.

KEYWORDS: Anaerobic Digester, Microbial Activity Inhibition, Aluminum Sulphate, Physical-Chemical Sludge, Biogas.

1 I INTRODUÇÃO

A digestão anaeróbia é um processo natural que ocorre em alguns sedimentos, mangues, arrozais assim como no trato intestinal de uns animais como os ruminantes e as térmitas (BAYANÉ; GUIOT, 2011). Este processo é complexo pois recorre a vários grupos de microorganismos e permite a conversão da matéria orgânica (carboidratos, lípidos, proteínas) em elementos simples (CH_4, CO_2, H_2S, NH_3). A mistura gasosa produzida (biogás) durante o processo é principalmente composta por metano e dióxido de carbono com teores respectivos de 50 a 70% e 30 a 50%. A composição deste gás depende da configuração do reator e do substrato digerido, apresentando ao alto poder calorífico – a combustão de $1m^3$ de metano é equivalente à de 1,15 L de gasolina ou 2,1 kg de madeira (MOLETTA, 2008).

A digestão anaeróbia é um processo que pode ser descrito em quatro fases principais que recorrem à diferentes grupos de microorganismos (Figura 1). As etapas são interdependentes e a eficiência da digestão depende da boa coordenação entre as fases.

Conforme ilustrado na Figura 1, a complexidade do sistema remete ao entendimento que a operação de sistemas anaeróbios exige um conhecimento mínimo das reações que ocorrem no reator e da influência dos parâmetros exteriores sobre as variáveis deste sistema de tratamento. Por isso, o monitoramento dos reatores é um elemento indispensável ao bom funcionamento do processo.

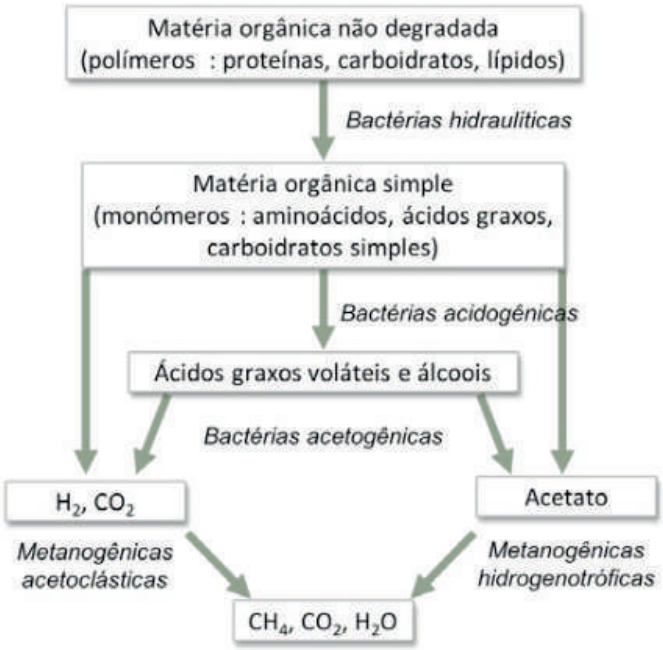


Figura 1: Síntese das etapas da digestão anaeróbia.

Reatores de digestão anaeróbia são ferramentas de processo bastante interessantes e constituem uma resposta eficiente à problemática de remoção da matéria orgânica devido à ação das comunidades microbianas complexas na promoção da conversão desta matéria em forma de biogás (MOLETTA, 2008). Este fato o torna vantajoso pela possibilidade de valorização deste biogás produzido como precursor da combustão em motores de cogeração, além da redução do volume de lodo gerado frente a outros modelos de tratamento, proporcionando redução também dos custos operacionais (TANDUKAR; OHASHI; HARADA, 2007).

2 I OBJETIVO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o reator de digestão anaeróbia da ETE Canasvieiras operada pela Concessionária CASAN e gerar informação para a otimização do biogás para viabilizar sua utilização na cogeração de energia. Para isto, estudou-se:

- A operação do digestor anaeróbio em escala real, avaliando parâmetros específicos do processo;
- A influência de coagulantes utilizados no processo químico de tratamento

na atividade microbiana;

- Propostas para procedimentos de análise para avaliação da qualidade do processo de tratamento.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

Durante o estudo, o cloreto férrico ($FeCl_3$), produto utilizado no projeto da estação, foi inicialmente utilizado como coagulante, com sua posterior substituição pelo sulfato de alumínio na concentração de 250 $mg.L^{-1}$ ($Al_2(SO_4)_3$). Entretanto, como o íon sulfato é convertido em sulfeto no reator havendo a possibilidade de geração de um efeito inibidor sobre a digestão anaeróbia, assim como o alumínio, foi necessário avaliar os níveis de concentração destes íons no sistema (CABIROL *et al.*, 2003; CHEN; CHENG; CREAMER, 2008; ABBOTT; ESKICIOGLU, 2015; VIEIRA, 2017). Com base nisto, testes analíticos foram realizados para avaliação do digestor, o qual apresentava volume útil de projeto de 613 m^3 e capacidade para receber uma concentração de matéria orgânica variando de 40 a 75% (MOLETTA, 2008) que proporciona uma carga de lodo físico-químico de 2885 $kg_{SST}.d^{-1}$, corrente com uma concentração de sólidos de 7%.

As análises foram efetuadas, em sua maioria, através de kits analíticos adquiridos comercialmente e padronizados internacionalmente. Abaixo seguem as descrições das metodologias de análises.

- Sulfato: efetuadas por turbidimetria com precipitação do íon sulfato, com preparação das amostras por centrifugação e filtração em filtro 0,45μm;
- Sulfeto: efetuadas por colorimetria em espectrofotômetro com azul de metileno;
- DQO: efetuadas por reações ácidas com dicromato de potássio em alta temperatura;
- Alumínio total: efetuadas preparando a amostra através de digestão em ácido nítrico em alta temperatura com posterior medição colorimétrica;
- Potencial bioquímico de metano (BMP): realizado sobre o lodo físico-químico onde o inóculo usado foi o lodo do digestor com a concentração de $8g_{SSV}.L^{-1}$ e relação substrato/inóculo de 0,4 $g_{DQO}.g_{SV}^{-1}$.

O BMP foi calculado conforme Equação 1:

$$BMP = \frac{V_S - V_I}{m_{S,\ SV}}$$

Equação (1)

Onde: BMP = Potencial biometano ($NmL_{CH_4}.g_{SV}^{-1}$)

V_S = Volume total de metano produzido na digestão do substrato (NmL)

V_I = Volume de metano produzido pelo inóculo (NmL)

$m_{S, SV}$ = Massa de substrato adicionada (g_{SV})

Obs.$_1$: Os volumes V_S e V_I são determinados como apresentado na Figura 2.

• Atividade metanogênica especifica (AME): teste foi realizado sobre os inóculos para comparar o desempenho dos consórcios microbianos dos reatores. A mesma concentração em sólidos voláteis do BMP (8 $g.L^{-1}$) e relação substrato/inóculo (0,4 $g_{DQO}.g_{SV}^{-1}$) foram usadas para melhorar a interpretação e comparação dos resultados, conforme recomendações da literatura (AQUINO *et al.*, 2007). O substrato usado para esse teste foi a glicose com uma relação 0,938 $g_{DQO}.g_{glicose}^{-1}$.

A AME foi calculada usando a Equação 2:

$$AME = \frac{r \times 24}{m_{I,\ SV}}$$

Equação (2)

Onde: AME = Atividade metanogênica especifica ($g_{DQO\ CH4}.g_{SV}^{-1}.d^{-1}$)

R = Taxa de produção de metano ($g_{DQO\ CH4}.h^{-1}$)

$m_{I,SV}$ = Massa de inóculo adicionada (g_{SV})

Obs.$_2$: A taxa de produção de metano foi medida durante a fase de produção linear de gás (Figura 2). A taxa em $NmL_{CH4}.h^{-1}$ foi então convertida em $g_{DQO\ CH4}.h^{-1}$ (1 $g_{DQO\ CH4}$ = 354 NmL de CH_4).

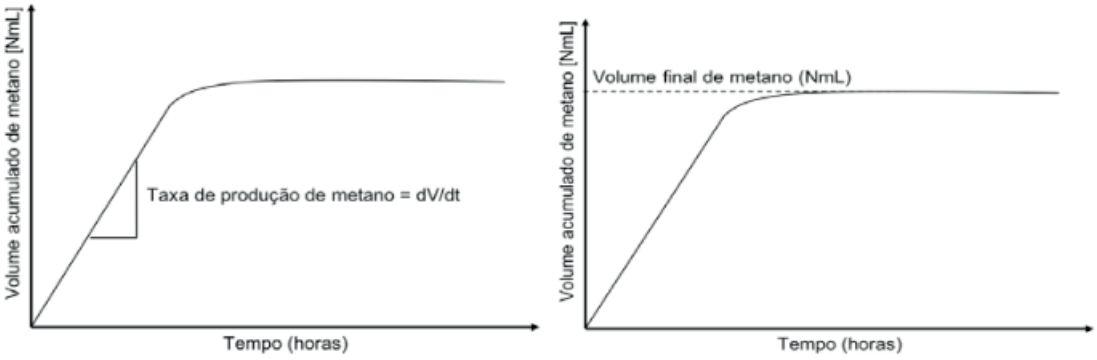


Figura 1: Determinação gráfica da taxa de produção de metano (esquerda) e do BMP (direita).

• Carga orgânica: estimada a partir dos dados reais de vazão de entrada de esgoto na ETE compacta e da quantidade de lodo físico-químico produzido (valor calculado foi 0,334 $kg_{SST}.m^{-3}$,). A umidade do lodo produzido e o teor em matéria orgânica foram medidos através da concentração em sólidos (ST, SV, SST e SSV) (*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, APHA, 2012).

Obs.$_3$: O volume de lodo fresco produzido pela unidade de flotação foi estimado conforme a Equação 3:

$$V_{lodo} = \frac{M_{SST}}{C_{SST} \times 1000}$$

Equação (3)

Onde: V_{lodo} = Vazão de lodo ($m^3.d^{-1}$)

M_{SST} = Produção de sólidos ($kg_{SST}.d^{-1}$)

C_{SST} = Concentração do lodo ($kg_{SST}.m^{-3}$)

Os valores de concentração em sólidos totais e voláteis dos lodos de entrada e saída permitem calcular a eficiência de digestão e remoção da matéria orgânica usando a Equação 4:

$$\%\ Remoção = \frac{Afl - Efl}{Afl - (Afl - Efl)} \times 100 \qquad \text{Equação (4)}$$

Onde: A_{fl} = % de sólidos voláteis (SV/ST) do afluente

E_{fl} = % de sólidos voláteis (SV/ST) do efluente

4 I RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação da vazão de entrada e carga orgânica

Com uma avaliação do histórico de vazão de esgoto de entrada da ETE, permite-se distinguir dois períodos distintos no ano: a alta temporada, durante a qual a estação opera em contínuo e com alta vazão; e a baixa temporada, quando a estação só funciona pontualmente (Figura 3). A vazão média observada durante a alta temporada foi de 126,5 $L.s^{-1}$ com desvio padrão de 36,7 $L.s^{-1}$, e neste período é possível observar que 78% das medidas ultrapassam a vazão de projeto da estação (100 $L.s^{-1}$), e destes, 32% a ultrapassam por mais de 50%. Esta sobrecarrega repercute sobre a vazão de lodo físico-químico produzido e a carga do digestor anaeróbio, pois estima-se uma produção diária de lodo fresco de 3.651 $kg_{SST}.d^{-1}$, 26,5% supeior à carga de projeto.

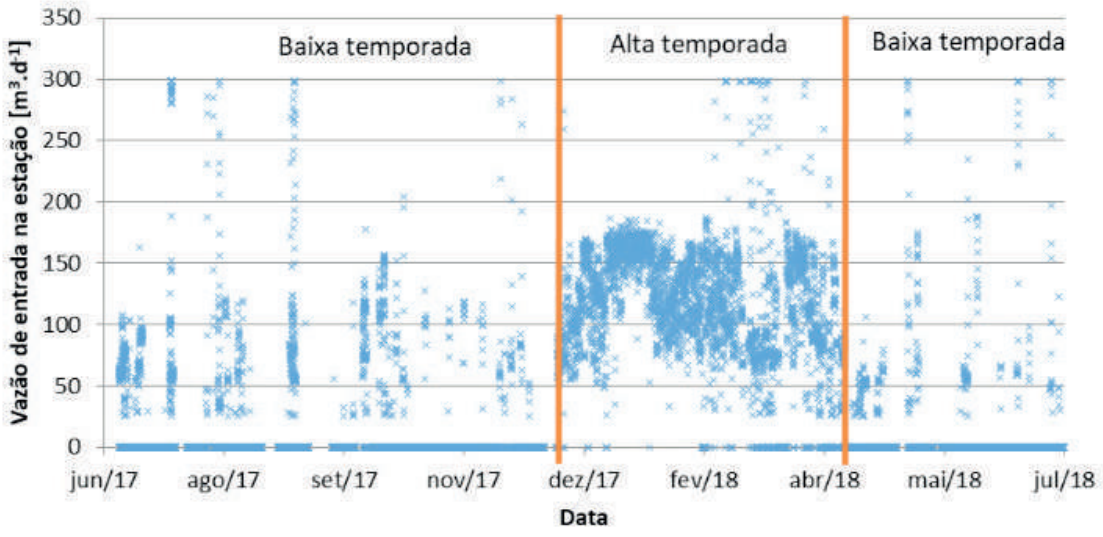


Figura 2: Histórico de vazão de entrada da ETE.

As análises de concentração em sólidos totais e voláteis permitiram observar

uma compactação média de 2,6% do lodo (sendo 7% o dado de projeto) quando a estação estava em operção contínua, apresentando uma proporção de sólidos voláteis de 61 ± 5,3% (sendo 75% o dado de projeto). Dentro deste cenário, o volume de lodo produzido foi de 140,42 $m^3.d^{-1}$, 241% superior ao dado de projeto, e a carga orgânica volumétrica aplicada ao reator nessas condições foi de 3,63 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$ (próxima ao valor 3,53 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$ do projeto). No entanto, a acentuada diminuição de concentração do lodo causa redução do tempo de detenção hidráulico para 4,36 dias em lugar dos 14,9 previstos pelo projeto. Para digestores convencionais homogeneizados, a norma recomenda tempos de digestão acima de 30 dias.

Este tempo de detenção hidráulico é muito baixo comparado com os dados recomendados na literatura e pela norma NBR 12.209/2011. Na literatura, reatores perfeitamente homogeneizados similares são classificado como reatores de baixa taxa com cargas aplicadas de 1,4 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$ no caso do tratamento de lodo primário de estação de tratamento (MOLETTA, 2008; ABBASI; TAUSEEF; ABBASI, 2012). No caso de digestores convencionais homogeneizados, a norma ABNT n° 12209-2011 recomenda uma carga orgânica de 0,5 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$ até 1,2 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$. RAJESHWARI *et al.* (2000) ilustraram as caraterísticas típicas de vários tipos de reatores anaeróbios mostrando também que a carga de projeto assumida (1,5 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$) está acima das cargas tipicamente aplicadas em termos de DQO.

Em oposição à alta temporada, constata-se que durante a baixa temporada a estação opera de maneira intermitente, onde a média de vazão cai para 13 $L.s^{-1}$ e a carga orgânica volumétrica para 0,375 $kg_{SSV}.m^{-3}.d^{-1}$. Esta ampla diferença entre os dois períodos pode ocasionar situações negativas sobre a estabilidade do reator. De fato, quando o reator não está sendo alimentado ou com baixa alimentação, uma diminuição do desempenho dos microorganismos envolvidos na digestão anaeróbia pode ocorrer, proporcionando uma perda da atividade metanogênica de até 60% no caso de uma interrupção de várias semanas (GALLERT; WINTER, 2008). Entretanto, no retorno da sua vazão de alimentação, um período controlado de aumento progressivo da carga é necessário afim de evitar o desequilíbrio do reator, pois caso contrário, uma situação de sobrecarrega importante pode ocorrer, causando uma acumúmulo de AGV e queda do pH (GALLERT; WINTER, 2008).

Em termos de eficiência, nas confições observadas na alta temporada, o lodo digerido que apresentou um teor em matéria orgânica de 53 ± 0,6% teve eficiência de remoção dos sólidos voláteis de 28% em lugar dos 50% previstos. Esta eficiência abaixo do objetivo pode ser atribuída à diminuição do tempo de detenção hidráulico mencionada anteriormente e ao fato que a fração inicial em SV é menor do que previsto (61 em lugar de 75%).

4.2 Análises no digestor

Análises de AGV foram realizadas na saída e no interior do reator obtendo uma concentração média de 330 ± 51 $mg.L^{-1}$ (exprimida em equivalente acetato), que quando comparada com a literatura, conclui-se que o reator está em condições estáveis durante o período de estudo (Figura 3) (DROSG, 2014). De acordo com GUIBELIN (2014), concentrações de AGV totais na faixa de 50 – 500 $mg.L^{-1}$ são consideradas como ótima. Aliado a isto, o fato de o reator ter uma elevada alcalinidade (3.400 $mg_{CaCO3}.L^{-1}$) permite manter a relação AGV/alcalinidade muito favorável (entre 0,06 e 0,14). Uma relação inferior a 0,3 indica um processo estável e valores acima de 0,8 o processo é tido como instável, com risco elevado de acidificação do reator (DROSG,2014).

Deve ser considerado que durante o período amostral, baixa temporada, a ETE funciou com vazão reduzida e de maneira intermitente, limitando os riscos de sobrecarrega e acúmulo de AGV. Durante o período de alta temporada se recomenda atenção particular sobre esse parâmetro, pois é necessário monitorar um possível aumento do teor de AGV no reator, visto a influência da vazão ilustrada no subitem anterior.

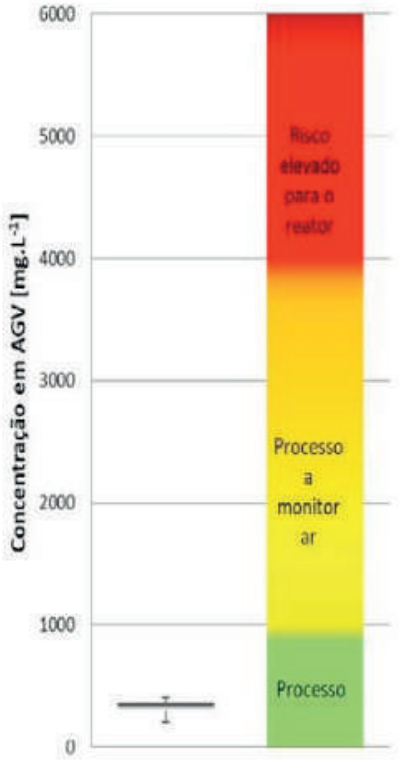


Figura 3: Faixas de interpretação operacional da concentração de AGV totais.

4.3 Avaliação de sulfato e sulfeto no reator

Avaliando a concentração de sulfato do lodo fresco, permitiu-se observar um valor de 280 $mg.L^{-1}$, correspondendo aproximadamente ao aumento teórico causado

pela adição de sulfato de alumínio no processo de coagulação (210 $mg.L^{-1}$), somada à concentração de sulfato já presente no esgoto (48 ± 17 $mg.L^{-1}$). Com este resultado, pode-se descartar a possibilidade de uma repartição desigual do sulfato entre o lodo e o efluente clarificado na etapa de coagulação/floculação. Paralelo a isto, a DQO mensurada para o lodo permitiu observar um valor médio de 41.750 $mg.L^{-1}$, proporcionando uma relação DQO/SO_4^{2-} de 149, o que dá uma larga vantagem aos microorganismos da digestão anaeróbia em frente as bactérias redutoras de sulfato quando comparado com os valores de predominância (predominância de Metanogênese para relações acima de 2,7).

No que tange a avaliação da conversão do sulfato em sulfeto, os resultados se mostraram insatisfatórios devido a uma reação concorrente observada entre o cloreto férrico utilizado na operação da ETE e o reagente da análise de sulfeto, proporcionando valores superiores de leitura de padrões. No entanto, a alta relação DQO/SO_4^{2-} permite descartar um risco de inibição pelo sulfeto.

4.4 Avaliação da inibição pelo alumínio

A concentração média de Al^{3+} observada no lodo fresco obtido durante a dosagem de sulfato de alumínio na etapa de coagulação foi de 527 $mg.L^{-1}$, com concentrações entre 320 e 800 $mg.L^{-1}$. No interior do reator e no lodo digerido as concentrações mensuradas foram 71 e 260 $mg.L^{-1}$, respectivamente, mas acredita-se que deverão atingir concentrações similares às da entrada ao longo do tempo de operação com o sulfato de alumínio. Nesta faixa de concentração, VIEIRA (2017) encontrou redução de eficiência de remoção de DQO em ensaios com reatores tratando lodos dentro dos quais foram adicionadas concentrações de 500, 1.000, 1.500 e 2.000 $mg.L^{-1}$ de $Al(OH)_3$ (ou seja, 173, 346, 519 e 692 $mg.L^{-1}$ de Al^{3+}), quando comparados com um reator controle que não recebeu alumínio. O controle atingiu eficiência de remoção de DQO de 52,5% enquanto os outros reatores atingiram eficiência de 42,4, 37,1, 39,2 e 39,6%, respectivamente. Quanto à produção de biogás, a atividade metanogênica foi reduzida em mais de 60% a partir de uma concentração de Al^{3+} de 346 $mg.L^{-1}$. Outros estudos mostraram uma diminuição acima de 10% da fermentação acidogênica (segunda etapa da digestão anaeróbia) a partir de uma concentração de alumínio de 46 $mg.L^{-1}$ e 120 $mg.L^{-1}$ para o ferro, e uma inibição completa do processo de fermentação microbiana em concentrações acima de 232 $mg.L^{-1}$ de alumínio na forma de policloreto de alumínio (PAC) (KIM; CHUNG, 2015). Isto demonstra que a inibição causada pelo alumínio é bem mais alta do que a causada pelo ferro presente no coagulante inicialmente usado na estação. Entretanto, um possível efeito de aclimatação pode ser observado, mas este processo de adaptação é lento e dependente dos microorganismos envolvidos (CABIROL *et al.*,

2003).

Em relação a outros efeitos causados pelo sulfato de alumínio, o aumento da quantidade de compostos voláteis de enxofre pode ser observado, principalmente na forma de H_2S. Com uma concentração de alumínio de 10,74 $mg.g_{ST}^{-1}$ e um TDH de 7 dias, um aumento da concentração desses compostos de 746% pode ser observado, chegando até a concentrações de 1% (10.000 ppm) de H_2S no biogás, sendo o sulfeto, nestas concentrações, altamente tóxico e corrosivo (D. DEUBLEIN, 2008; GUIDOTTI, 1996). Com adições de cloreto férrico, o efeito inverso pode ser observado, com uma redução de 57% com TDH de 7 dias.

Por essas razões, testes de bancada são recomendáveis antes da aplicação a longo prazo do sulfato de alumínio ou qualquer outro produto na estação. Além dos parâmetros avaliados, parâmetros de remoção de sólidos e monitoramento da produção de H_2S também deverão receber uma atenção particular.

4.5 Potencial Bioquímico do metano (BMP)

O BMP médio obtido para o lodo físico-químico foi de 153,5 $NmL_{CH4}.g_{SV}^{-1}$ (Figura 4), sendo este valor inferior aos valores encontrados na literatura para lodos e estações de tratamento. Os lodos mais parecidos com o lodo estudado, sendo lodos físico-químicos com uma relação DQO/SV de 1,5, atingem um BMP de 180 $NmL_{CH4}.g_{SV}^{-1}$.

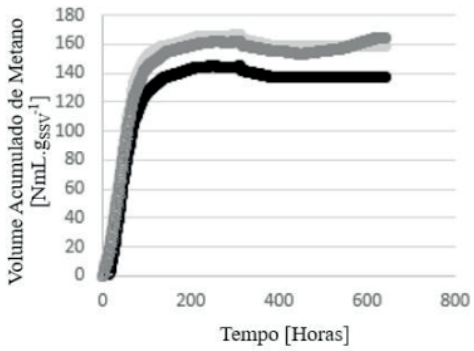


Figura 4: Volume acumulado de metado no teste BMP.

O lodo testado foi obtido por coagulação com o sulfato de alumínio, o que pode ter causado um efeito negativo pela presença do alumínio e/ou sua combinação com o sulfato. O BMP para o lodo coagulado pelo cloreto férrico não pôde ser avaliado durante este estudo e por isso as influências dos dois coagulantes sobre a produção de biogás e a degradabilidade não puderam ser comparadas (objetivo para um próximo estudo).

Durante o ensaio, a produção de biogás ocorreu predominantemente no início com 90% do metano sendo produzido durante as 100 primeiras horas, ou seja 4,16 dias (Figura 5). Este resultado permite concluir que a parte degradável da matéria

orgânica contida no lodo pode ser degradada rapidamente no digestor. No entanto, tem que ser considerado que os testes de BMP foram realizados em condições favoráveis de temperatura, com os reatores sendo mantidos a 35°C. No digestor, cuja temperatura não é controlada, tempos de reação maiores são esperados.

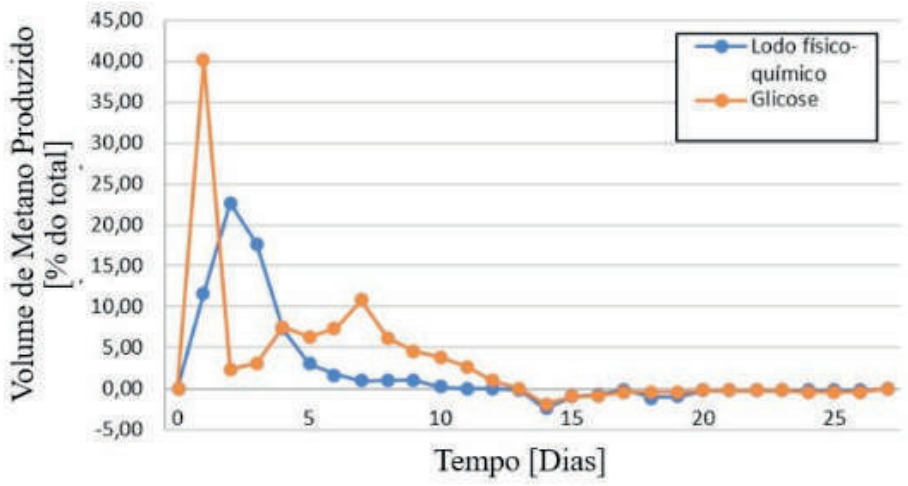


Figura 5: Produção de metano ao longo do tempo no teste BMP para o lodo físico-químico e a glicose.

Durante esse teste uma redução de 9,33% dos sólidos voláteis foi constatada, passando de 54,8 para 52,4%. Essa redução é baixa, mas a concentração inicial baixa em SV também tem que ser considerada. Finalmente, o teor em SV final é próximo dos valores obtidos na determinação da eficiência de remoção (subitem *Avaliação da vazão de entrada e carga orgânica*). Isso permite considerar que para um teor em SV em torno de 50% na saída do reator, uma redução satisfatória dos SV foi atingida e que uma eficiência maior não é esperada nas condições de operação atuais do reator. Esse dado pode ser usado para detectar uma digestão incompleta do lodo, particularmente durante a estação estival.

Considerando o valor de BMP de 153,5 $NmL_{CH4}.g_{SV}^{-1}$ e a carga orgânica calculada durante a alta temporada, a produção diária estimada é de 341 m^3 de metano (568 m^3 de biogás considerando uma concentração em metano de 60%). Convertendo esta produção em eletricidade utilizando um motor de cogeração com um rendimento de 35%, a produção mensal de eletricidade seria de 34.700 kWh, sendo correspondente a 83% do consumo de energia da ETE avaliada. Se valores similares aos obtidos por GUERIN *et al.* (2016) forem atingidos, a produção de metano pode subir para 40.800 kWh e assim representar 97% do consumo de energia da ETE. Como o complexo de tratamento inclui reatores UASB de uma outra ETE operada em paralelo, a produção de energia poderia ultrapassar 90.000 kWh por mês, o que representa mais de 44% do consumo do complexo de ETE (tratamento convencional + compacta).

4.6 Atividade metanogênica específica (AME)

A partir das curvas de produção de biogás (Figura 7), as fases de produção linear foram isoladas e as taxas de produção de metano calculadas, sendo os volumes acumulados de metano na forma decrescente correspondente a uma produção inferior à do reator "branco". Para os testes realizados sobre o reator UASB, verifica-se uma parada brutal da produção de biogás a partir de 16h de reação, provavelmente devido ao acumulação rápido de AGV e H_2S. As taxas de produção de biogás providas dos inóculos do digestor anaeróbio e do reator UASB foram, respetivamente, 0,328 e 0,330 $g_{DQO\ CH4}.g_{SV}^{-1}.d^{-1}$, muito próximas exceto a uma das repetições do digestor que acabou sendo ignorada. Não é possível evidenciar alguma diferença entre os dois reatores pelo efeito do alumínio ou qualquer outro inibidor. No entanto, tem que ser considerado que a data quando foram efetuadas as coletas para as análises, a concentração de alumínio no interior do reator ainda estava menor do que no lodo fresco e provavelmente aumentará enquanto o sulfato de alumínio estiver sendo usado na estação. Neste caso, possívelmente poderá ser constatada alguma inibição pelo alumínio conforme descrito na literatura. Valores máximos de AME de 10 $g_{DQO\ CH4}.g_{SV}^{-1}.d^{-1}$ podem ser atingidos caso haja utilização de culturas puras no teste, no entanto, em reatores industriais e de laboratório, os valores de AME geralmente ficam entre 0,1 e 1,0 $g_{DQO\ CH4}.g_{SV}^{-1}.d^{-1}$ (WILKE, 2018). Além disto, a AME depende também do substrato a ser utilizado, podendo atingir valores máximos quando usado substratos simples como o acetato. Com substratos mais complexos como a celulose ou a glicose, velocidades menores são constatadas uma vez que estes substratos envolvem varias etapas da digestão anaeróbia para a sua degradação. Assim, comparando os valores obtidos com os dados da literatura, estes não parecem tão discrepantes, podendo servir de comparação para estudos futuros.

Em caso de efeito inibidor causado pelo sulfato de alumínio, uma diminuição do valor da AME é esperada, particularmente devido a um efeito inibidor mais relevante em relação às bactérias acidogênicas e acetogênicas do que às metanogênicas (WILKE, 2018; ZAHER *et al.*, 2004). Por este motivo, é recomendado usar um substrato suficientemente complexo para envolver todas as etapas da digestão, evitando por exemplo o acetato que não permitiria evidenciar a inibição das outras etapas devido a ser consumido diretamente pelas metanogênicas, e assim prejudicando a avaliação do efeito sobre o processo de digestão por inteiro.

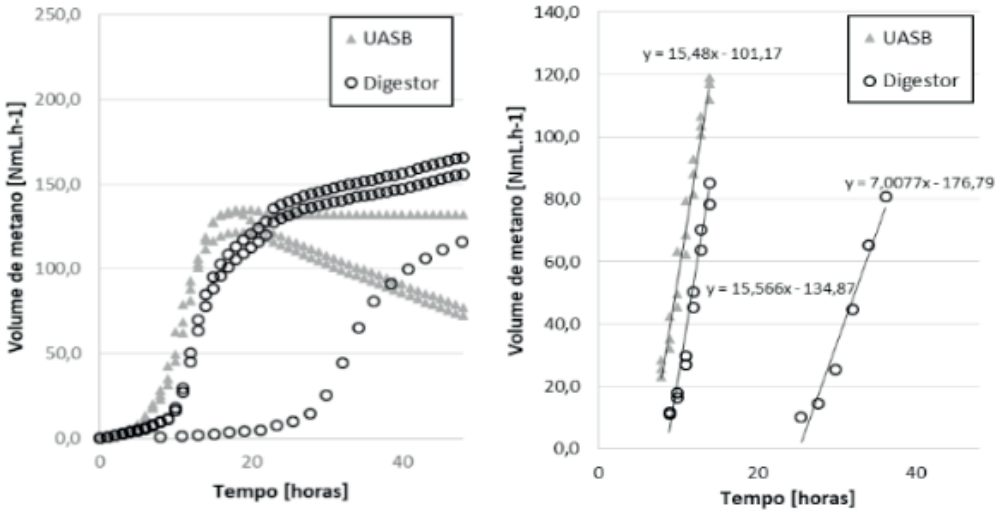


Figura 6: Volume de metano produzido (esquerda) e taxa de produção de metano (direita) do teste AME.

5 I CONCLUSÕES

As análises efetuadas durante esse estudo permitiram demonstrar que o reator estudado opera em um estado estável durante o período de baixa temporada quando o reator recebe uma carga reduzida de lodo. Entretanto, durante a alta temporada, um risco de sobrecarga do reator foi evidenciado e uma redução no desempenho do retor pode ocorrer, particularmente devido à concentração do lodo abaixo da concentração prevista pelo dimensionamento, gerando uma digestão incompleta do substrato.

Além disto, conforme apontado pela literatura, o trabalho indicou um possível efeito de inibição do processo de digestão anaeróbia por causa da presença do sulfato de alumínio, recentemente usado como coagulante na estação.

REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; TAUSEEF, S. M.; ABBASI, S. A. *Biogas energy*, 2012.

ABBOTT, T.; ESKICIOGLU, C. **Effects of metal salt addition on odor and process stability during the anaerobic digestion of municipal waste sludge**. *Waste Management*, 2015.

ABNT. NBR 12209 -2011 - **Elaboração de projetos hidraulicos-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários**, Brasil, 2011.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22nd. ed. [s.l.] *American Public Health Association*, 2012.

AQUINO, S. F. *et al.* **Metodologias para determinação da atividade metanogênica especifica (AME) em lodos anaeróbios**. Engenharia Santiária e Ambiental, v. 12, n. 2, 2007.

BAYANÉ, A.; GUIOT, S. R. **Animal digestive strategies versus anaerobic digestion**

bioprocesses for biogas production from lignocellulosic biomass. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 2011.

CABIROL, N. *et al*. **Effect of aluminium and sulphate on anaerobic digestion of sludge from wastewater enhanced primary treatment**. *Water Science and Technology*, v. 48, n. 6, 2003.

CHEN, Y.; CHENG, J. J.; CREAMER, K. S. **Inhibition of anaerobic digestion process: A review**. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 10, 2008.

D. DEUBLEIN, A. S. **Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction**. 2008.

DROSG, B. **Process monitoring in biogas plants**, 2014

GALLERT, C.; WINTER, J. **Propionic acid accumulation and degradation during restart of a full-scale anaerobic biowaste digester**. *Bioresource Technology*, v. 99, n. 1, 2008.

GUERIN, S.; AZIMI, S.; BERNIER, J.; ROCHER, V. **The biological methane potential of urban sludge. Mapping of different WWTP sludge potentials and proposal of a method coupling reactor experiments and modeling to decrease the measurement time**, 2016.

GUIBELIN, E. **Caractéristiques et traitements des boues d' épuration. Techniques de l'ingénieur**, v. 33, n. *Base documentaire Gestion de l'eau par les industriels*, p. 23, 2014.

GUIDOTTI, T. L. **Hydrogen sulphide**. Occupational medicine (Oxford), v. 46, n. 5, 1996.

KIM, J. O.; CHUNG, J. **Inhibitory effects of inorganic and organic coagulants on acidogenic fermentation**. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2015.

MOLETTA, R. **Méthanisation de la biomasse**. *Techniques de l'ingénieur*, v. 33, n. 5, 2008.

RAJESHWARI, K. *et al*. **State-of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 4, n. 2, 2000.

TANDUKAR, M.; OHASHI, A.; HARADA, H. **Performance comparison of a pilot-scale UASB and DHS system and activated sludge process for the treatment of municipal wastewater**. *Water Research*, 2007.

VIEIRA, G. C. **Inibição e toxicidade no processo de digestão anaeróbia dos lodos gerados na ete brasília sul: estudo em escala laboratorial**. Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

WILKE, D. A. C. Biogas Use. Disponível em: <http://biogas.ifas.ufl.edu/uses.asp>. Acesso em: 17 maio 2018.

ZAHER, U. *et al*. **Development of two on-line analysers for the control of the anaerobic digestion process**, 2004.

CAPÍTULO 4

AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA, SUINOCULTURA E LIXIVIADO DE ATERRO SANITÁRIO NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.)

Data de aceite: 09/01/2020

Rhégia Brandão da Silva
Agronoma UFRRJ, Mestre Engenharia de Biossistemas UFF

Leonardo Duarte Batista da Silva
Professor Associado UFRRJ

Alexandre Lioi Nascentes
Professor Adjunto UFRRJ

Antonio Carlos Faria de Melo
Engenheiro Agrícola UFRRJ, Mestre em Engenharia Agrícola e Ambiental UFRRJ

Dinara Grasiela Alves
Pós Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental UFRRJ

Everaldo Zonta
Professor Titular UFRRJ

João Paulo Francisco
Professor UEM Campus Umuarama

Marcos Filgueiras Jorge
Engenheiro Agrícola UFRRJ, Mestre em Agricultura Orgânica UFRRJ-EMBRAPA Agrobiologia, Doutor em Ciência, Tecnologia e Inovação em Agropecuária UFRRJ-UNRC

RESUMO: Atualmente, nos países em desenvolvimento, houve aumento da geração de resíduos, com consequência direta no ambiente e na saúde. Vários países, já produzem alimentos com o reuso de águas residuárias e lixiviado de aterro. Essa prática é um fator importante para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que fomenta a reciclagem dos nutrientes e matéria orgânica dos dejetos animais, minimizando a poluição ambiental, bem como preservando as características físicas, químicas e biológicas do solo, além de uma alternativa econômica para propriedades rurais. De maneira geral, significa um aporte considerável de nutrientes que causa um incremento na produtividade. As concentrações ideais das ARB, ARS e lixiviado podem ser aplicados de modo não tóxico às plantas e ao solo. O experimento utilizou sementes de milho (*Zea mays,* L.), cultura que requer determinados nutrientes encontrados em abundância nos efluentes utilizados, para os ensaios toxicológicos. Neste trabalho foram avaliados os valores médios dos parâmetros CRP, CPA, VR, ASR e DMR, comparando-os entre os efluentes. O lixiviado, nas suas diferentes concentrações, apresentou o efeito mais tóxico, em relação aos demais tratamentos. Quanto às amostras tratadas, merece destaque o fato das sementes terem obtido melhor desenvolvimento na concentração 25%, demonstrando que os compostos presentes nas amostras tratadas favoreceram seu desenvolvimento, ressaltando que deve-se avaliar adequadamente questões relativas à qualidade e segurança do vegetal para fins de alimentação.

PALAVRAS–CHAVE: Águas residuárias; lixiviado; toxicidade; *Zea mays* L.

ABSTRACT: Nowadays in developing countries there was an increase of waste production with a direct consequence on the environment and health in general. Several countries already yield food by reusing wastewater and landfill leachate. Such practice is a key factor for the management of water resources since it promotes the nutrients and the organic matter of animal excrement's recycling, minimizing environmental pollution as well as preserving the physical, chemical and biological soil features and, besides that, it's an economic alternative for rural properties. Overall, this means a significant nutrients' supply which causes an increase in productivity. The optimal concentrations of the leachate, wastewater dairy cattle and swine wastewater can be applied to plants and soil in a non-toxic way. The experiment used corn grain (*Zea mays*, L.), a crop that requires certain nutrients found in abundance within the effluents used, for toxicological tests. Within this study were evaluated the mean values of the following parameters: primary root length, shoot length, shoot length, root surface area and root mean diameter, comparing them among the effluents. The leachate, in its different concentrations, presented the most toxic effect in comparison with the remaining treatments. As for the treated samples, it is worth highlighting the fact that the seeds have gotten better development in the concentration of 25%, demonstrating the compounds present within the treated samples improved their development, nevertheless issues related to quality and safety of the plant for nourishment purposes must be properly evaluated.
KEYWORDS: wastewater; leachate; toxicity; *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

No Brasil, dentre outros países em desenvolvimento, a globalização aumentou a geração de resíduos com características sintéticas, cuja deposição sobre o solo, implica em impacto ambiental negativo e elevados riscos à saúde pública (NASCENTES, 2013).

Em países desenvolvidos ou em desenvolvimento, poucas são as áreas povoadas que não sofram com a poluição dos recursos hídricos, a contaminação por material biológico ou químico é um problema mundial (BAIRD e CANN, 2011).

O reuso da água residuária (AR) é um fator importante para a gestão dos recursos hídricos, pois fomenta a reciclagem dos nutrientes e matéria orgânica dos dejetos animais, sendo o melhor destino de modo a evitar a poluição ambiental, bem como preservar as características físicas, químicas e biológicas do solo (CAMPOS et al., 2002).

O aproveitamento agrícola de AR constitui uma importante contribuição para a minimização da contaminação ambiental devido à redução de seu lançamento em mananciais e/ou solos, além de ser uma alternativa econômica para a propriedade

rural (SEGANFREDO, 2007; FRANCISCO et al., 2014). Cabe ressaltar que o lançamento de efluentes diretamente em corpos de água receptores deve atender a padrões estabelecidos pela legislação federal.

A quantidade de AR é gerada em função do número de animais, alimentação, quantidade de água utilizada na higienização das instalações e manejo dos dejetos. Com o desenvolvimento industrial houve a produção de grande quantidade de dejeto que, pela falta de tratamento adequado, se transformou em uma das maiores fontes poluidoras dos mananciais hídricos, principalmente nas regiões de intensa produção, já que os dejetos, em especial dos suínos, constituem-se num problema sério devido ao seu elevado número de contaminantes presentes (NOLASCO et al., 2005).

No entanto, a aplicação da prática de utilização de AR na agricultura, ainda é feita com pouco embasamento experimental, e pode ocasionar contaminação de águas subterrâneas e desequilíbrios na relação solo-planta (MARTINS, 2014). Na Europa e Estados Unidos, a utilização de AR é observada em técnicas de tratamento por escoamento superficial e, também na fertilização de solos cultivados, no Brasil sob forma de fertirrigação de culturas exploradas em regiões produtoras de suínos e bovinos (FREITAS et al., 2005).

A fertirrigação de culturas agrícolas é uma das possibilidades de disposição final de efluentes líquidos, todavia, de acordo com estudos, deve ser aplicada ao solo de forma criteriosa (SILVA et al., 2012; FREITAS et al., 2005; LO MONACO, 2009).

Em alguns países, onde o racionamento de água é severo, o reaproveitamento de AR é realidade, em Israel por exemplo, 65% do efluente sanitário tratado é utilizado na irrigação agrícola (CAPRA e SCICLONE, 2004).

Outra forma de reuso acontece no México, onde 45000 litros de esgoto produzidos na cidade do México são misturados diariamente, por segundo, com água de chuva, após é levada por meio de canais a uma distância de 60 km, para irrigação de milhares de hectares cultivados com cereais e forragens (BASTOS, 2003). Na Austrália, áreas de 600 hectares cultivadas com cana-de-açúcar são irrigadas com efluentes de tratamento de esgoto. A utilização dos efluentes proporcionou aumento de 62,5% da produção de açúcar (BRADDOCK e DOWNS, 2001).

Na mesma proporção, pesquisadores observaram que a utilização de lixiviado na fertirrigação do cafeeiro contribuiu de maneira mais efetiva quando comparado com o manejo convencional (RIBEIRO et al., 2009).

O crescente interesse de pesquisadores e órgãos governamentais se dá pelo fato do incentivo à agricultura sustentável, da agricultura familiar, as quais podem utilizar AR e o lixiviado, substituindo os fertilizantes químicos de alto custo e reduzindo o impacto negativo ao ambiente (SIMAS e NUSSIO, 2001).

Além do uso de AR, o lixiviado oriundo de aterros sanitários contém elevada

concentração de substâncias orgânicas e inorgânicas, apresenta composição complexa e variável, sendo observado na agricultura como material em potencial na melhora nutricional do solo, substituindo a adubação e, consequentemente reduzindo os custos da propriedade, bem como destinando-o de forma eficiente, o que gera menos impactos negativos ao ambiente.

De maneira geral, AR e lixiviado de aterro sanitário apresentam um aporte significativo de nutrientes, os quais podem ser absorvidos pelas plantas e, com isso, virem a proporcionar um incremento na produtividade. O desenvolvimento e a produtividade das culturas apresentam valores crescentes com a adição desses nutrientes, porém, tal aumento na produtividade pode vir aliado a uma possível contaminação do perfil do solo (FRANCISCO et al., 2014).

A aplicação de AR e lixiviado no sistema solo-planta deve ser fundamentada em critérios agronômicos, levando em consideração a possível toxicidade às plantas, por isso a importância do conhecimento das taxas ideias de aplicação desses efluentes, de acordo com a necessidade da cultura (FONSECA et al., 2007; SEGANFREDO, 2007; ERTHAL et al, 2010).

Em um estudo, constatou-se um aumento de 40% em produtividade de uma variedade de milho, 19% na altura da planta e 65% no peso da espiga, quando comparado com o controle, em um sistema de sulcos irrigado com água residuária de suinocultuta (ARS) (CHATEAUBRIAND, 1988).

Leigue et al., 2013; investigaram a irrigação de culturas destinadas à produção de biodiesel (soja e girassol) utilizando uma diluição de 20% de lixiviado em água e, notaram que o crescimento das plantas não foi afetado negativamente, e o desenvolvimento foi melhor se comparados com as plantas, especialmente o girassol.

A toxicidade desses efluentes, em contato com um organismo vivo, é determinada pelos bioensaios, observando o seu desenvolvimento quando colocado em diferentes concentrações da água residuária de bovinocultura (ARB), ARS e lixiviado (SANT'ANNA JUNIOR, 2010).

Com isso, a realização de ensaios toxicológicos é de extrema importância para a aplicação de efluentes no solo (FUENTES et al., 2004).

Determinadas as concentrações ideais das ARB, ARS e lixiviado, essas podem ser aplicadas de modo não tóxico às plantas e ao solo, tendo em vista que os macronutrientes nitrogênio e potássio são altamente requeridos pela cultura do milho, e os resíduos apresentam taxas elevadas dos mesmos.

OBJETIVOS

Como objetivo geral, tem-se: verificar a toxicidade de distintas concentrações de água residuária de bovinocultura, água residuária de suinocultura e lixiviado de

aterro sanitário, na germinação da cultura do milho *(Zea mays L.).* Como objetivos específicos, tem-se:avaliar o efeito tóxico de quatro concentrações (diluição em água destilada) distintas: 25%, 50%, 75%, 100%; além do controle (0% de efluente e 100% de água destilada) de água residuária de bovinocultura, na germinação de milho *(Zea mays L.),* variedade BRS 4157 (Sol da Manhã); avaliar o efeito tóxico de quatro concentrações (diluição em água destilada) distintas: 25%, 50%, 75%, 100%; além do controle (0% de efluente e 100% de água destilada) de água residuária de suinocultura, na germinação de milho *(Zea mays L.),* variedade BRS 4157 (Sol da Manhã); avaliar o efeito tóxico de quatro concentrações (diluição em água destilada) distintas: 25%, 50%, 75%, 100%; além do controle (0% de efluente e 100% de água destilada) lixiviado de aterro sanitário, na germinação de milho *(Zea mays L.,),* variedade BRS 4157 (Sol da Manhã); e comparar parâmetros morfológicos (comprimento de raiz primária; comprimento de parte aérea; área superficial de raiz; volume de raiz e diâmetro médio de raiz) de sementes pós-germinadas de milho*(Zea mays L.),* variedade BRS 4157 (Sol da Manhã), submetidas a distintas concentrações de água residuária de bovinocultura, água residuária de suinocultura e lixiviado de aterro sanitário.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido e realizado no decorrer dos meses de março, abril, maio e junho de 2014, envolveu desde a coleta dos efluentes, preparo do material até o período de análises no Laboratório de Estudo das Relações Solo-Planta, localizado no Departamento de Solos do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); para os ensaios toxicológicos utilizou-se sementes de milho (*Zea mays,* L.), variedade Sol da Manhã, estas foram obtidas na Fazendinha Agroecológica do km 47, bem como os resíduos de bovinocultura de leite em um sistema orgânico de produção, usados no preparo da respectiva água utilizada no trabalho.

A água residuária de suinocultura foi preparada a partir dos dejetos dos suínos do Instituto de Zootecnia da UFRRJ, e o lixiviado foi coletado no Aterro Sanitário de Paracambi.

Todos os efluentes foram diluídos em água destilada, de modo a avaliar-se 5 tratamentos, nas concentrações à 25%, 50%, 75%, além do controle (0% de efluente) e 100% do preparado; numa mesma batelada, de modo a garantir amostras em triplicatas com as mesmas características físico-químicas sendo aplicadas ao organismo-teste**;** cabe ressaltar que a ARB deve ser mantida em repouso por um período de 24 horas, devido ao seu alto teor de material orgânico, para que haja decantação do material em suspensão (Figura 1).



Figura 1 - As soluções dos efluentes, totalizando 5 tratamentos para cada.

As sementes foram enroladas em papel filtro "*germitest*®", próprio para ensaios de germinação, cada rolinho foi preparado com 10 sementes, conforme apresentado na Figura 2



Figura 2 - Preparação das sementes para ensaio de germinação.

Os rolos com papel filtro foram colocados em tubos "*falcon*" contendo as misturas, conforme apresentado na Figura 3

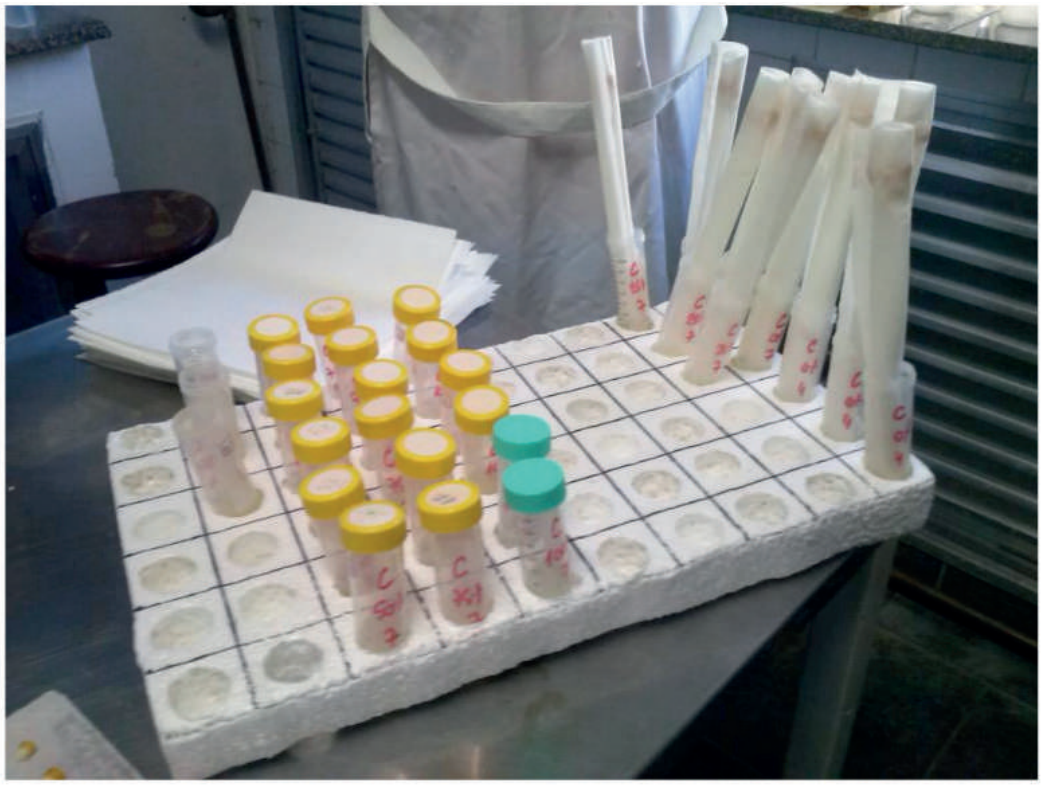


Figura 3 - Enchimento dos tubos falcon e imersão do rolos de papel filtro com as sementes.

O delineamento experimental desta fase previu um branco (água destilada), além das amostras brutas e diluídas dos efluentes 0%, 25%, 50%, 75% e 100%. Foram preparadas amostras para avaliação após 4 e 7 dias de germinação, seguindo recomendações do MAPA (2009) para a realização de ensaios de germinação de sementes de milho. Para cada tratamento foram realizadas 3 repetições com rolinhos contendo 10 sementes cada, totalizando 30 resultados por tratamento. Após a preparação de todas as amostras, estas foram incubadas em estufa (Figura 4) com controle de temperatura, tendo-se adotado 28°C, conforme recomendações do MAPA (2009) para ensaio de germinação de sementes de milho (Figura 5).

Diariamente era verificado o nível do líquido nos tubos, repondo-se na amostra, caso necessário.



Figura 4 - Amostras em estufa com controle de temperatura.



Figura 5 - Controle de temperatura conforme recomendações do MAPA, 2009.

No quarto dia após a incubação, três rolinhos de cada tratamento foram retirados da estufa, mantendo-se outros três para avaliação somente no sétimo dia, momento em que se repetiu a metodologia descrita a seguir.

Os parâmetros morfológicos avaliados foram: Comprimento de Raiz Primária (CRP), Comprimento de Parte Aérea (CPA), Área Superficial de Raiz (ASR), Volume

de Raiz (VR) e Diâmetro Médio de Raiz (DMR).

Para a avaliação dos parâmetros Comprimento de Raiz Primária (CRP) e Comprimento da Parte Aérea (CPA), os rolinhos foram abertos e, com uso de régua, procederam-se as medições, conforme apresentado na Figura 6.

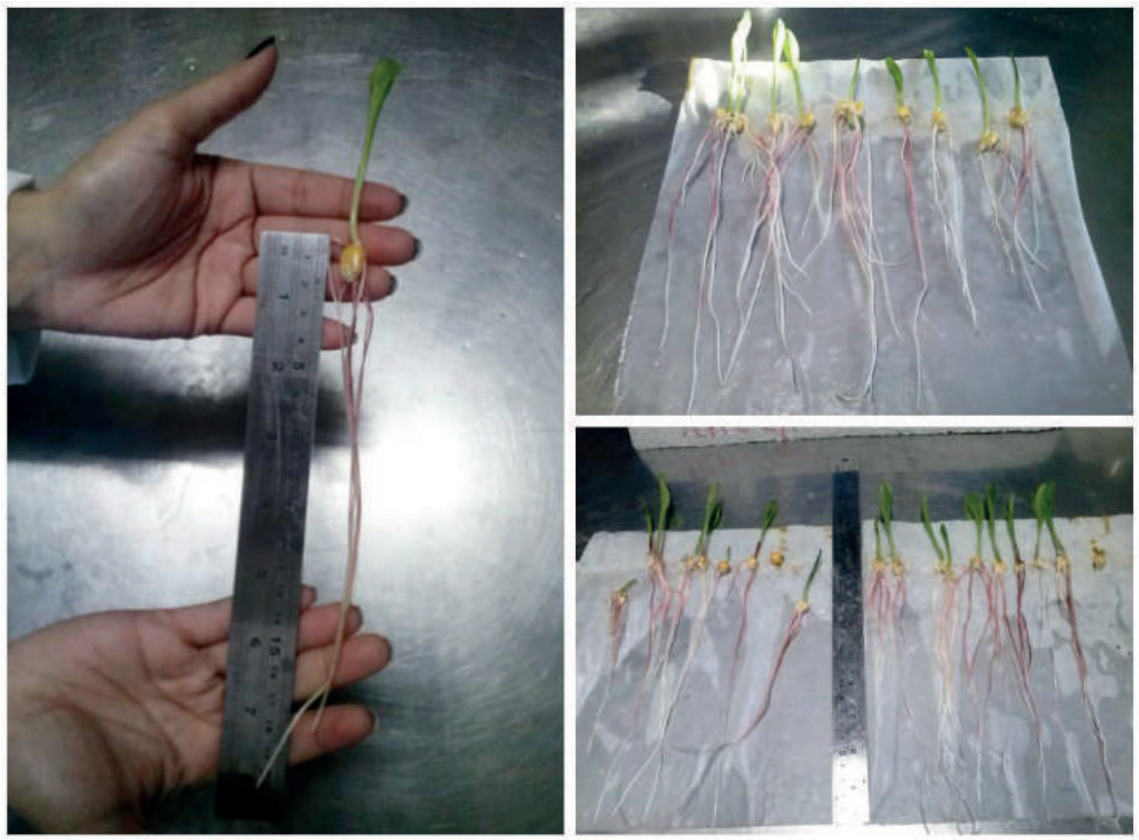


Figura 6 - Comprimento de raiz primária (CRP) e comprimento de parte aérea (CPA) em sementes germinadas.

Para a análise de Comprimento Total de Raiz (CTR), Área Superficial de Raiz (ASR), Volume de Raiz (VR) e Diâmetro Médio de Raiz (DMR), utilizou-se o sistema WinRHIZO® 2012b (Regent Instr. Inc.), acoplado a um *scanner* profissional Epson XL 10000 equipado com unidade de luz adicional. Foi utilizada uma definição de 400 dpi para as medidas de morfologia de raiz (BAUHUS E MESSIER, 1999).

As raízes foram separadas da semente e da parte aérea e dispostas em uma cuba de acrílico de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento contendo água destilada (Figura 7). A utilização deste acessório permitiu a obtenção de imagens em três dimensões, evitando também a sobreposição das raízes.



Figura 7 - Raízes dispostas em cuba para digitalização de imagens e análise morfólogica de sistema radicular.

Na análise das médias dos resultados, foram realizados Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro, e submetidos à análise de variância pelo Teste F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5, verifica-se o resultado das médias avaliadas do Comprimento de Raiz Primária (CRP); Comprimento de Parte Aérea (CPA); Volume de Raiz (VR), Área Superficial de Raiz (ASR); Diâmetro Médio de Raiz (DMR); da cultura do milho submetido a diferentes concentrações de ARB, medidos no 4° dia.

ARB - 4° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	4,600 a	0,723 a	495,40 a	2756,81 a	7,128 a
25%	5,103 a	1,000 a	524,85 a	3041,12 a	6,910 ab
50%	4,753 a	0,633 a	382,17 a	2415,44 a	6,227 ab
75%	4,633 a	0,693 a	329,80 a	2176,38 a	6,040 b
100%	4,386 a	0,607 a	400,44 a	2561,51 a	6,255 ab

Tabela 5 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de ARB, analisadas no 4° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Observa-se, na Tabela 5, que não houve diferença estatisticamente significativa entre os comprimentos de raiz primária das amostras com 0%, 25%, 50%, 75% e 100%, com exceção da coluna que apresenta os valores de DMR, a qual há uma pequena diferença entre as concentrações 0% e 75%. Neste caso verifica-se que o efeito toxicológico da ARB, ainda não afetou significativamente a germinação do milho.

Na Tabela 6, verifica-se o resultado das médias avaliadas do Comprimento de Raiz Primária (CRP); Comprimento de Parte Aérea (CPA); Volume de Raiz (VR) , Área Superficial de Raiz (ASR); Diâmetro Médio de Raiz (DMR); da cultura do milho submetido a diferentes concentrações de ARB, medidos no 7° dia.

Na tabela abaixo, observa-se diferença significativa nas colunas CRP, VR e DMR, desse modo evidencia-se o efeito toxicológico potencializado com o aumento das concentrações, uma vez que com o aumento da concentração há uma diminuição dos parâmetros avaliados. Com relação a CPA e ASR, apesar de não se verificar diferença significativa, vale ressaltar que ocorreu uma diferença de 74,60% no CPA, entre o maior valor, 5,956 mm (0%) e o menor valor, 4,443 mm (100%) e uma diferença na ASR, de 56,58% o maior valor, 13.816,57 mm^2 (0%) e o menor valor, 7.816,96 mm^2 (100%).

ARB - 7° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA(mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	16,136 a	5,956 a	2824,00 a	13816,57 a	8,149 a
25%	13,756 ab	5,536 a	2453,67 ab	12755,10 a	7,682 ab
50%	12,146 ab	5,280 a	1999,40 ab	10574,55 a	7,540 ab
75%	11,190 ab	4,520 a	1581,14 ab	9281,68 a	6,801 bc
100%	11,043 b	4,443 a	1290,23 b	7816,96 a	6,142 c

Tabela 6 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de ARB, analisadas no 7° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Nas Tabelas 7 e 8, verifica-se o resultado das médias avaliadas do Comprimento de Raiz Primária (CRP); Comprimento de Parte Aérea (CPA); Volume de Raiz (VR), Área Superficial de Raiz (ASR); Diâmetro Médio de Raiz (DMR); da cultura do milho submetido a diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, medidos no 4° e no 7° dia, respectivamente.

Lixiviado – 4° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	5,226 a	1,530 a	485,21 a	2863,87 a	6,765 a
25%	4,906 a	1,280 ab	370,14 ab	2327,25 ab	6,372 a
50%	4,176 a	0,853 bc	277,24 b	1869,09 ab	5,940 ab
75%	3,596 a	0,663 c	223,03 b	1756,72 ab	5,043 b
100%	3,493 a	0,607 c	200,05 b	1508,34 ab	5,035 b

Tabela 7 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, analisadas no 4° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Lixiviado – 7° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	14,710 a	5,570 a	2125,58 a	11661,60 a	7,160 a
25%	13,623 ab	6,356 a	2195,80 a	10914,63 a	8,050 a
50%	10,730 ab	5,963 a	1808,31 a	10030,14 a	7,557 a
75%	9,196 bc	4,000 a	1742,80 a	9519,67 a	6,862 a
100%	8,060 c	3,670 a	1582,07 a	9006,45 a	6,971 a

Tabela 8 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de Lixiviado de Aterro Sanitário, analisadas no 7° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Nas Tabelas 7 e 8 acima, pode-se observar os valores médios dos tratamentos referentes ao lixiviado, tanto do 4° como do 7° dia, apresentam diferenças significativas distintas dos parâmetros avaliados. No 4° dia apenas o parâmetro CRP não apresentou diferença significativa, enquanto no 7°, CPA VR, ASR e DMR, não apresentaram diferenças significativas. Vale ressaltar que apesar desses parâmetros, no 7° dia, não apresentarem diferenças significativas, ocorreu uma diferença de 65,89% no CPA, entre o maior valor, 5,570 mm (0%) e o menor valor, 3,670 mm (100%), uma diferença de 72,05% no VR, entre o maior valor, 2.195,80 mm^3 (25%) e o menor valor, 1.582,07 mm^3 (100%), uma diferença na ASR, de 77,23%, entre o maior valor, 11.661,60 mm^2 (0%) e o menor valor, 9.006,45 mm^2 (100%) e ainda uma diferença de 85,24% no DMR, entre o maior valor, 8,050 mm (25%) e o menor valor, 6,862 mm (75%).

De acordo com Nascentes (2013), o qual avaliou-se a toxicidade do lixiviado seguindo a metodologia abordada neste trabalho, e as recomendações do MAPA para germinação do milho, os valores seguem a mesma tendência dos resultados obtidos no experimento, apesar de não apresentarem diferenças estatisticamente significativas, os valores das médias são menores conforme há aumento da concentração do lixiviado.

Na Tabela 9, verifica-se o resultado das médias avaliadas do Comprimento de Raiz Primária (CRP); Comprimento de Parte Aérea (CPA); Volume de Raiz (VR), Área Superficial de Raiz (ASR); Diâmetro Médio de Raiz (DMR); da cultura do milho submetido a diferentes concentrações de ARS, medidos no 4° dia.

ARS – 4° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	4,020 a	0,803 a	335,11 a	2221,67 a	6,044 a
25%	4,217 a	0,930 a	373,35 a	2389,74 a	6,254 a
50%	4,500 a	0,957 a	237,53 a	1669,23 a	5,646 a
75%	4,536 a	1,077 a	335,62 a	2133,71 a	6,301 a
100%	4,580 a	1,090 a	320,45 a	2205,26 a	5,828 a

Tabela 9 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de ARS, analisadas no 4° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Na Tabela 9, observa-se que não houve diferença estatisticamente significativa entre os parâmetros avaliados, das amostras com 0%, 25%, 50%, 75% e 100%.

Na Tabela 10, verifica-se que ocorre diferença significativa para o resultado das médias avaliadas do Comprimento de Raiz Primária (CRP) e Diâmetro Médio de Raiz (DMR); e que não há diferença entre as médias do Comprimento de Parte Aérea (CPA); Volume de Raiz (VR) e Área Superficial de Raiz (ASR); da cultura do milho submetido a diferentes concentrações de ARS, medidos no 7° dia. Apesar de não ocorre diferença significativa, verifica-se que uma diferença de 72,92% no CPA, entre o maior valor, 6,407 mm (75%) e o menor valor, 4,673 mm (100%), uma diferença de 57,53% no VR, entre o maior valor, 2.962,67 mm^3 (25%) e o menor valor, 1.704,49 mm^3 (100%), e uma diferença na ASR, de 71,33%, entre o maior valor, 14.714,51 mm^2 (25%) e o menor valor, 10.495,60 mm^2 (100%).

ARS – 7° dia					
Concentrações	CRP(mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	18,530 a	6,173 a	2770,10 a	12746,65 a	8,634 a
25%	14,400 ab	5,973 a	2962,67 a	14714,51 a	8,026 ab
50%	13,550 ab	5,710 a	2120,63 a	11640,29 a	7,291 bc
75%	14,080 ab	6,407 a	2574,88 a	14124,18 a	7,283 bc
100%	10,550 b	4,673 a	1704,49 a	10495,60 a	6,259 c

Tabela 10 - Valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de ARS, analisadas no 7° dia.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Na Figura abaixo são apresentados a evolução dos resultados dos valores médios do comprimento de raiz primária (CRP) das amostras brutas e tratadas, após

4 (Figura 8a) e 7 dias de germinação (Figura 8b)

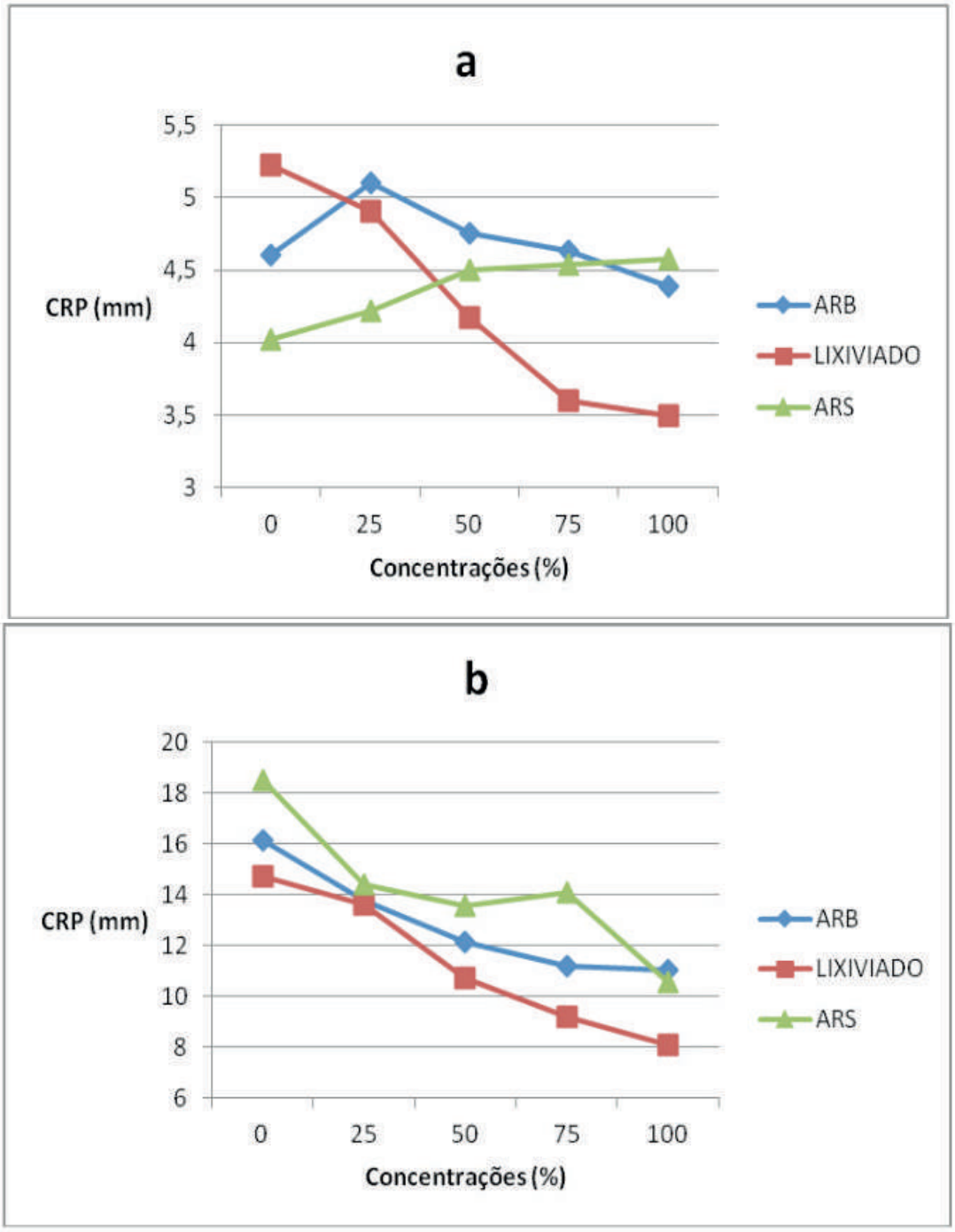


Figura 8 - Valores Médios do Comprimento de Raiz Primária das sementes expostas às diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARB e ARS no 4° (a) e 7° dias (b).

Pode-se observar na Figura 8a, referente ao 4° dia de germinação, que o ocorreu um decréscimo de comprimento de raiz com o aumento da concentração de lixiviado; essa mesma tendência também ocorre no 7° dia de germinação (Figura 8b). Já a germinação das sementes utilizando ARS, apresentou um comportamento inverso, na avaliação do 4° dia (Figura 8a), porém na avaliação do 7° dia apresentou diminuição do CRP com o aumento das concentrações (Figura 8b).

Com relação a ARB, em ambos os dias (4° e 7° dia), a concentração de 25% apresentou um maior valor para o CRP, sendo que a partir desta concentração há

um declínio no CRP.

Nota-se ainda nas figuras 8a e 8b, que os valores médios de CPR, para as testemunhas (0%), apresentaram uma discrepância para os três tratamentos, sendo assim fica evidente que variabilidade genética, também influencia nos resultados para este parâmetro avaliado.

Nas Figuras 9a e 9b são apresentados os resultados dos valores médios dos comprimentos de parte aérea (CPA) das amostras de lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, após 4 e 7 dias de germinação.

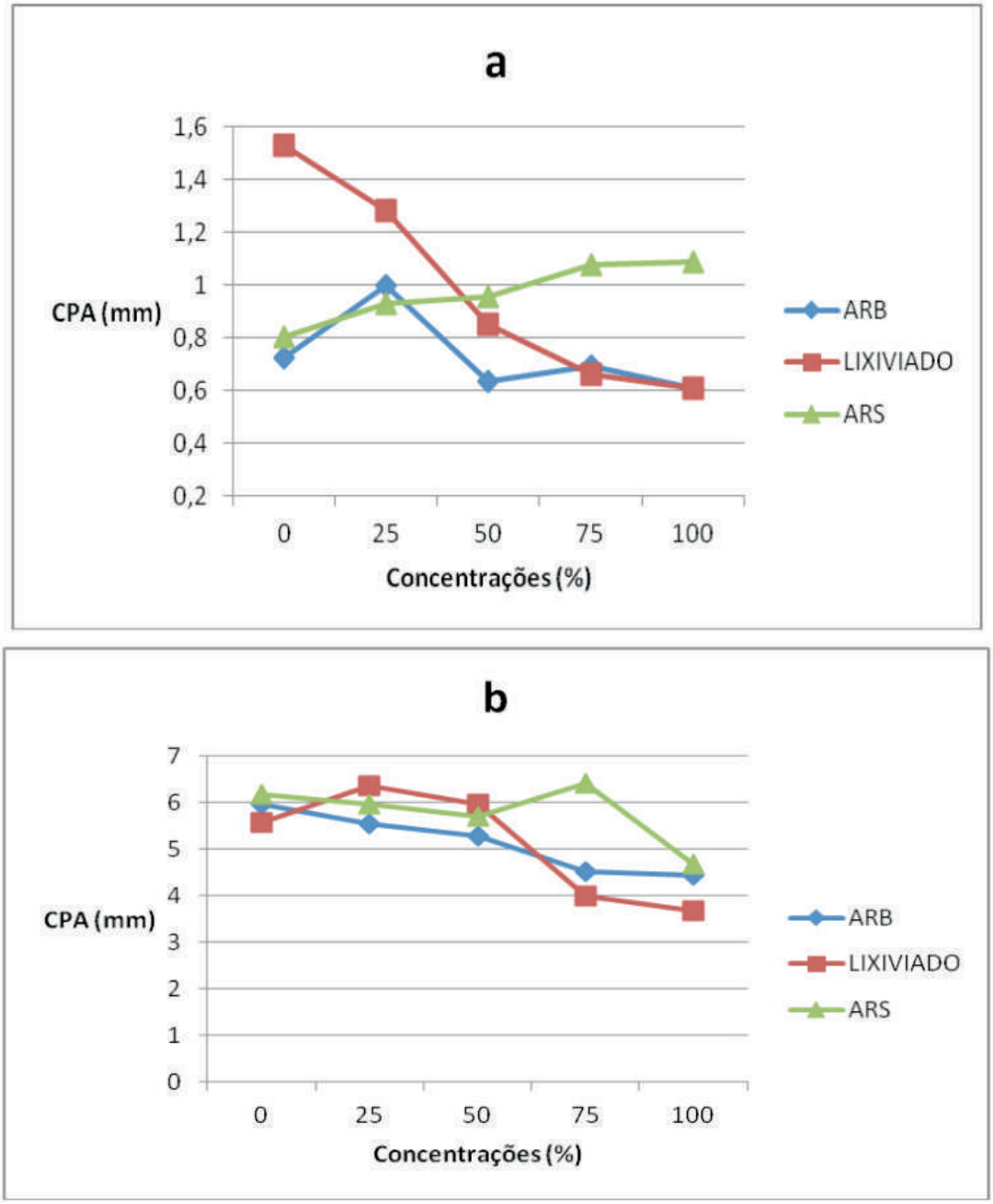


Figura 9 - Comprimento de Parte Aérea das sementes expostas às diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARB e ARS no 4° (a) e 7° dias (b).

Verifica-se que após o 4° dia de germinação (Figura 9ª) o lixiviado de aterro sanitário apresentou um comportamento inverso do aumento de sua concentração

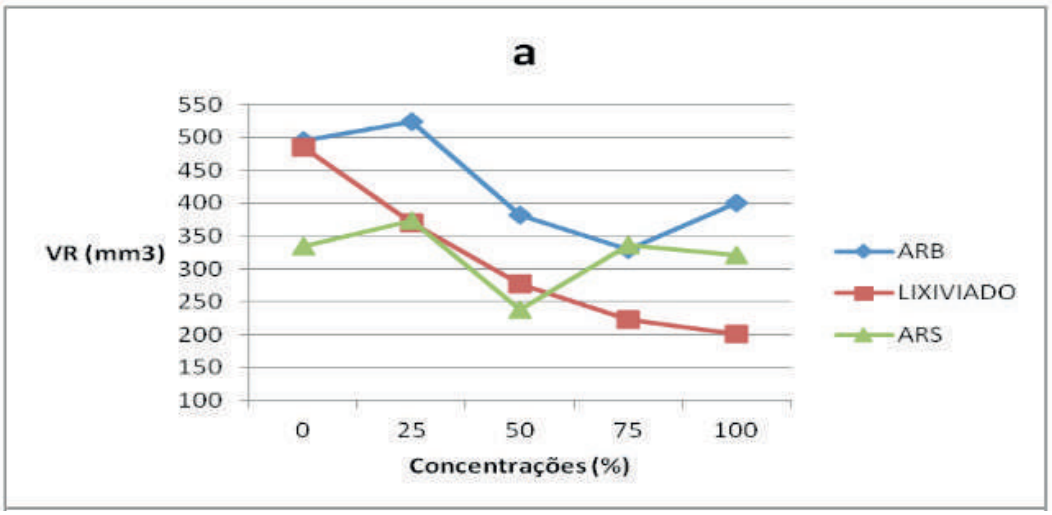
com o CPA, porém após o 4° dia de germinação o CPA aumentou para a concentração de 25% e a partir dela apresentou um declínio, sendo que o valor do CPA para a concentração de 100% (3,6 mm) é 2 mm menor que o valor da testemunha (5,6 mm). Este fato evidencia que há uma influencia (toxicidade) do lixiviado no desenvolvimento da parte aérea do milho.

Após o 4° dia de germinação das sementes utilizando ARS, verifica-se que ocorreu um comportamento do CPA (Figura 9a) semelhante ao comportamento do CRP (Figura 8a), ou seja, esses comprimentos aumentaram com o aumento da concentração. Este fato evidencia que inicialmente a ARS apresenta um aporte de nutrientes que promovem a germinação. Analisando ainda a Figura 9b (7° dia de germinação), verifica-se que a concentração de 75% de ARS, promoveu o maior aumento de CPA.

No caso da ARB, que após o 4° dia o tratamento de 25% apresentou um aumento no crescimento, porém no 7° dia ocorreu um declínio do CPA com o aumento da concentração de ARB.

Nota-se ainda na Figura 9a, que há uma discrepância para os três tratamentos os valores médios de CPA, após o 4° dia de germinação das sementes, para as testemunhas (0%), porém esses valores ficam semelhantes após o 7° dia de germinação das sementes (Figura 9b). Este fato mostra que apesar da variabilidade genética, há uma tendência de igualdade no desenvolvimento da parte aérea da planta, quando submetidas ao mesmo tratamento.

Nas Figuras 10a, 10 b, 10c e 10d são apresentados os resultados dos valores médios do volume de raiz (VR) e área superficial de raiz (ARS) das amostras de lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, após 4 e 7 dias de germinação., respectivamente.



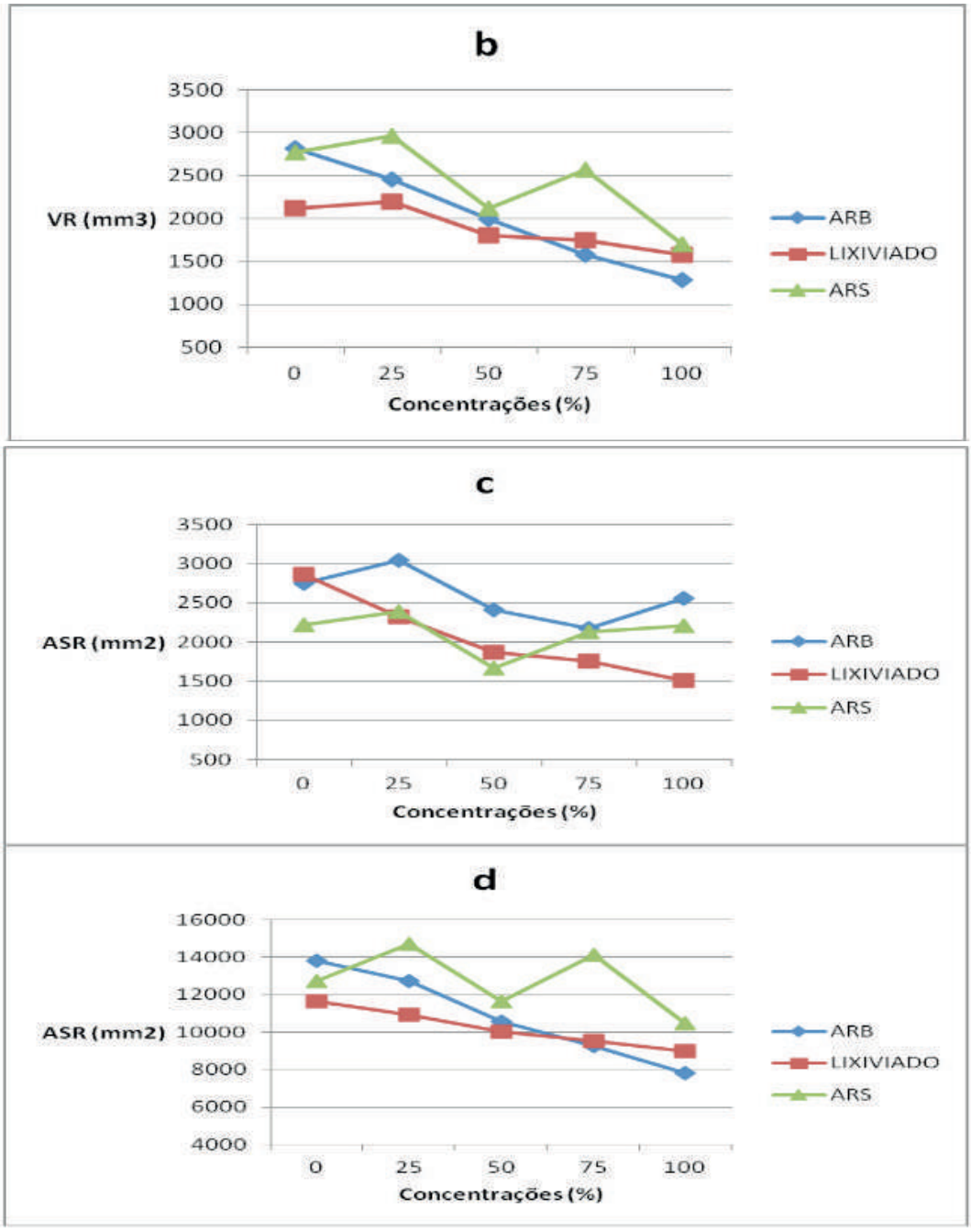


Figura 10 - Volume de raiz das sementes no 4° (a) e 7° dias (b) e área superficial de raiz das sementes no 4° (c) e 7° dias (d), expostas às diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARB e ARS.

Nota-se um comportamento muito semelhante para os parâmetros avaliados, ou seja, VR e ARS seguram a mesma tendência.

Com aumento da concentração do lixiviado há uma diminuição de VR e ARS, tanto para o quarto como para 4° (Figuras 10a e 10c), como para o 7° dia de germinação das sementes (Figuras 10b e 10d), evidenciando o efeito da toxicidade deste efluente na germinação do milho, principalmente no desenvolvimento radicular, como também foi avaliado no CPR.

Com relação a ARS, nota-se uma inconstância na tendência do efeito da concentração do efluente, no desenvolvimento do sistema radicular das sementes,

porém é possível verificar que a qual a concentração de 50% mostrou os menores valores em ambos os dias de avaliação, bem como as concentrações de 25% e 75%, os maiores valores.

Com relação a ARB, no 4° dia (Figuras 10a e 10c), a concentração de 25% apresentou um maior valor para VR e ARS, e após uma queda nos valores referentes as concentrações de 50 e 75%, há uma pequena elevação na concentração de 100%. .Verifica-se ainda que, após o 7° dia de germinação das sementes, o aumento da concentração da ARB é inversamente proporcional aos valores de VR e ASR (Figuras 10b e 10d).

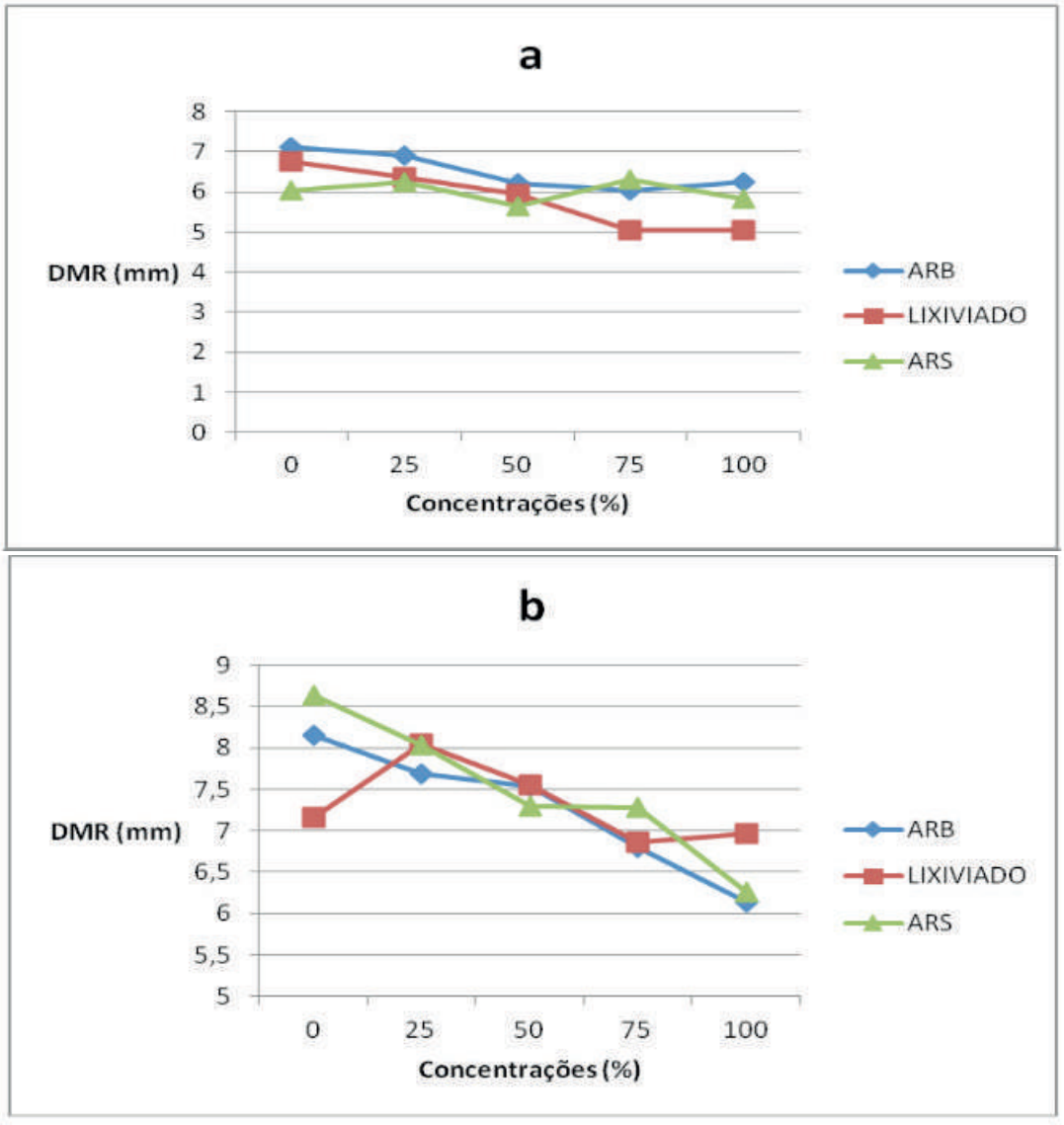


Figura 11 - Diâmetro Médio de Raiz das sementes expostas às diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARB e ARS no 4° (a) e 7° dias (b).

Nas Figuras 11a e 11b, verifica-se que, de um modo geral em todos os tratamentos com o aumento da concentração há uma diminuição do DMR. Vale ressaltar que o DMR foi o parâmetro que apresentou menos diferenças quando comparados os três efluentes, principalmente no 7° dia de germinação das sementes (Figura 11b). Este

fato se dá, pois o diâmetro é um parâmetro pouco variável após quatro e sete dias.

Na Tabela 11, verifica-se a comparação estatística entre os valores médios de CPR, CPA, VR, ASR e DMR; 4° dia de germinação das sementes de milho, submetida aos efluentes: lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, nas concentrações 0, 25, 50, 75 e 100%.

ARB	CRP (mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	4,600 a	0,723 b	495,396 a	2756,82 ab	7,128 a
25%	5,103 a	1,003 ab	524,850 a	3041,124 a	6,191 ab
50%	4,753 a	0,633 b	382,180 abc	2415,44 ab	6,227 abcd
75%	4,633 a	0,693 b	329,802 abc	2176, 38 ab	6,040 abcd
100%	4,386 a	0,606 b	400,443 abc	2561,512 ab	6,255 abcd
Lixiviado	CRP (mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	5,226 a	1,530 a	485,216 ab	2863,87 ab	6,765 ab
25%	4,907 a	1,280 ab	370,141 abc	2327,25 ab	6,372 abc
50%	4,177 a	0,853 ab	277,244 abc	1869,09 ab	5,940 abcd
75%	3,597 a	0,663 b	223,030 c	1756,72 ab	5,035 d
100%	3,493 a	0,607 b	200,052 c	1508,34 b	5,043 cd
ARS	CRP (mm)	CPA (mm)	VR (mm^3)	ASR (mm^2)	DMR (mm)
0%	4,020 a	0,803 ab	335,119 abc	2221,67 ab	6,044 abcd
25%	4,217 a	0,957 ab	373,357 abc	2389,75 ab	6,255 abcd
50%	4,500 a	0,930 ab	237,536 bc	1669,24 ab	5,646 Bcd
75%	4,537 a	1,077 ab	335,628 abc	2133,72 ab	6,301667 abcd
100%	4,580 a	1,090 ab	320,455 abc	2205,26 ab	5,828 abcd
f	ns	*	*	*	*
CV (%)	18,46	28,19	23,48	20,61	7,24

Tabela 11 - Comparação estatística dos valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, analisadas no 4° dia após a germinação.

*Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

É possível notar na Tabela 11, os valores médios de CRP, não apresentam diferença significativa para os distintos tratamentos e respectivas concentrações. Apesar de não ocorrer diferença significativa, há uma variação de 66, 84% entre o maior valor, 5,226 mm (lixiviado 0%) e 3,493 mm (lixiviado 100%).

Verifica-se na Tabela acima que existe uma diferença significativa dos valores de CPA, VR, ASR e DMR, demonstrando que esses parâmetros foram sensíveis aos tratamentos e suas respectivas concentrações.

Verifica-se que para os valores de VR, ASR e DMR, não correram diferenças significativas para as sementes que receberam somente água destilada (O%).

Na Tabela 12, verifica-se a comparação estatística entre os valores médios de CPR, CPA, VR, ASR e DMR; 7° dia de germinação das sementes de milho, submetida aos efluentes: lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, nas concentrações 0, 25, 50, 75 e 100%.

ARB	CRP(mm)	CPA(mm)	VR(mm^3)	ASR(mm^2)	DMR(mm)
0%	16,137 b	5,957 a	2824,001 a	13816,572 a	8,148 ab
25%	13,623 abcd	5,280 a	2453,667 a	12755,098 a	7,682 abc
50%	12,146 abcd	5,567 a	1999,391 a	10574,556 a	7,540 abc
75%	11,043 bcd	4,520 a	1581,140 a	9281,687 a	6,802 bc
100%	11,190 bcd	4,443 a	1290,236 a	7816,964 a	6,142 c
Lixiviado	CRP(mm)	CPA(mm)	VR(mm^3)	ASR(mm^2)	DMR(mm)
0%	14,710 abc	5,570 a	2125,576 a	11661,596 a	7,160 abc
25%	13,623 abcd	6,357 a	2962,675 a	10914,636 a	8,050 ab
50%	10,730 bcd	5,963 a	1808,312 a	9519,676 a	7,557 abc

Tabela 12 - Comparação estatística dos valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, analisadas no 7° dia após a germinação.

* Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

75%	9,197 cd	4,000 a	1742,800 a	10030,140 a	6,862 bc
100%	8,060 d	3,670 a	1582,073 a	9006,454 a	6,971 abc
ARS	CRP(mm)	CPA(mm)	VR(mm^3)	ASR(mm^2)	DMR(mm)
0%	18,530 a	6,173 a	2770,102 a	12746,655 a	8,633 a
25%	14,400 abcd	5,973 a	2962,675 a	14714,515 a	8,026 ab
50%	13,550 abcd	5,710 a	2120,640 a	11640,292 a	7,281 abc
75%	14,080 abcd	6,407 a	2574,880 a	14124,178 a	7,291 abc
100%	10,550 bcd	4,673 a	1582,073 a	10574,556 a	6,259 c
f	*	ns	ns	ns	*
CV (%)	16,76	21,31	26,93	22,78	7,66

Tabela 12 - Comparação estatística dos valores médios de CRP, CPA, VR, ASR, DMR, com as diferentes concentrações de lixiviado de aterro sanitário, ARS e ARB, analisadas no 7° dia após a germinação.

* Dentro da mesma coluna, as médias com mesma letra não diferem.

Na Tabela 12, os valores médios de CRP e DRM, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de significância. Demonstrando que ocorreu uma grande diferenciação entre os tratamentos e suas respectivas concentrações. Verifica-se ainda que os valores de CPA, VR e ASR, não apresentam diferença significativa para os distintos tratamentos e respectivas concentrações. Este fato se deve aos altos valores de coeficientes de variação, 21,31; 26,93 e 22,78%. Apesar de não ocorrer diferença significativa, para o CPA, há uma variação de 57,28% entre o maior valor, 6,407 mm (ARS 75%) e 3,670 mm (lixiviado 100%); para o VR foi de 43,55% entre o maior valor, 2962,675 mm^3 (ARS 25% e lixiviado 25%) e 1290,236 mm^3 (ARB 100%); e para o ASR, há uma variação de 53,10% entre o maior valor, 14.714,515 mm^2 (ARS 25%) e 7.816,964 mm^2 (ARB 100%).

Verifica-se ainda na Tabela 12, que para os valores de CPA, VR, ASR e DMR, não correram diferenças significativas para as sementes que receberam somente água destilada (O%).

CONCLUSÕES

Verificou-se a ocorrência de efeito tóxico crônico da utilização de água residuária de bovinocultura em distintas concentrações, na germinação de milho (*Zea mays* L.),

variedade BRS 4157 (Sol da Manhã), sendo este efeito potencializado pelo aumento da concentração deste efluente.

O efeito tóxico da utilização de água residuária de suinocultura, na germinação de milho (*Zea ma*ys L.), variedade BRS 4157 (Sol da Manhã); foi muito variável com relação as diferentes concentrações nos dois períodos avaliados , ou seja, após o 4°e 7° dias de germinação das sementes.

A utilização do lixiviado de aterro sanitário, na germinação de milho (*Zea mays* L.), variedade BRS 4157 (Sol da Manhã), apresentou uma grande toxicidade crônica, prejudicando a germinação da semente, comprometendo o desenvolvimento tanto da parte aérea do vegetal como do sistema radicular, sendo que quanto maior a concentração deste efluente maior é o grau de toxicidade.

Os parâmetros morfológicos avaliados (comprimento de raiz primária; comprimento de parte aérea; área superficial de raiz; volume de raiz e diâmetro médio de raiz), demonstraram ser bons indicativos de desenvolvimento vegetal, na utilização de efluentes em diferentes concentrações em sementes pós-germinadas de milho (*Zea mays* L.).

Os testes de toxicidade utilizando sementes de milho (*Zea mays* L.) demonstraram ser uma interessante ferramenta para verificação do efeito tóxico do lixiviado e de AR, sendo de baixo custo, rápida execução e alta sensibilidade.

O lixiviado de aterro sanitário, nas suas diferentes concentrações, apresentou o efeito mais tóxico, em relação aos demais tratamentos.

REFERÊNCIAS

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

BASTOS, R.K.X. **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura.** PROSAB. Viçosa, Minas Gerais, 2003.

BAUHUS, J.; MESSIER, C. **Evaluation of Fine Root Length and Diameter Measurements Obtained Using WinRhizo Image Analysis**. Agronomy Journal, Madison, v. 91, n. 1, p.142-147, 1999.

BRADDOCK, D & DOWNS, P **Wastewater irrigation A strategy for increasing suga cane production.** In International Society of Sugar Cane Technologists. Vol. 24. Ed. D M Hogarth. pp. 171 - 173. 2001.

CAMPOS, A. T.; FERRREIRA, W. A.; JUNIOR, J. L.; ULBANERE, R. C.; CAMPOS, A. T. **Tratamento biológico aeróbico e reciclagem de dejetos de bovinos em sistemas intensivo de produção de leite.** Revista de Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 26, n. 2, p 426-438, 2002.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. **Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation.** Agricultural Water Management, v.68, 135-149, 2004.

CHATEAUBRIAND, A.D. **Efeito de dejetos de suínos, aplicados em irrigação por sulco, na cultura do milho (Zea mays L.).** 1988. 61f. Mestrado. Viçosa: UFV, 1988.

EMBRAPA. **Infoteca-e - Informação Tecnológica em Agricultura. Milho (*Zea Mays* L.) Variedade BRS 4157 Sol da Manhã.** Disponível em http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/487305. Acesso em: fev/2015. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1990.

ERTHAL, V. J. T. **Fetirrigação de capim-Tifton 85 e aveia preta com águas residuárias de bovinocultura: efeitos no solo e nas plantas**. Viçosa, MG,: p. 84. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Viçosa.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de Água Residuária de bovinocultura.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.5, p.467–477, 2010.

FONSECA, A. F. ; HERPIN, U; PAULA, A. M.; VICTORIA, R. L.; MELFI, A. J. **Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil.** Scientia Agricola, v. 64, n.2, p.194-209, 2007.

FRANCISCO, J.P.; SILVA, J. G. B.; NASCENTES, A. L.; SILVA, L. D. B.; FOLEGATTI, M. V. **Desempenho de Filtros Orgânicos com o Uso de Extrato de Sementes de *Moringa oleifera* Lam.** Irriga, Botucatu, v. 19, n. 4. p 705-713, 2014.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. **Efeito da aplicação de águas residuárias da suinocultura na produção do milho para silagem.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2005.

FUENTES, A.; LLORENS, M.; SAEZ, J.; AGUILAR, M.I.; ORTUÑO, J.F.; MESEGUER, V.F. **Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilized sewage sludges.** Journal of Hazardous Materials, v.108, p.161-169, 2004.

LEIGUE, M.A.; LAVAGNOLO, M.C.; MALAGOLI, M. COSSU, R. **Leachate irrigation of energy crops.** In: Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium, Italy, 2013.

LO MONACO, P.A.; MATOS, A.T.; MARTINEZ, H.E.P.; FERREIRA, P.A.; MOTA, M.M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. Irriga, Botucatu, v. 14, n. 3, p.348-364, 2009.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** MAPA, 2009.

MARTINS, I. G. C. **Avaliação do efeito tóxico de água residuária de suinocultura utilizando germinação de milho** *(Zea mays L.).* 2014. 35f. Monografia (TCC em Engenharia Agronômica) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

RIBEIRO, MOISÉS S.; LIMA, LUIZ A.; FARIA, FÁBIO H. DE S.; REZENDE, FÁTIMA C.; FARIA, LUCAS DO A. **Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano.** Scielo, Engenharia Agrícola, vol.29 , no.4 , Jaboticabal, 2009.

NASCENTES, A. L. **Tratamento combinado de Lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico.** 2013. 166f. Tese. (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2013.

NOLASCO, M. A. et al. **Implicações ambientais e qualidade da água da produção animal intensiva.** Revista Acadêmica Ciências Agrárias e Ambientais, Paraná, v.3, n.2, p. 19-26, 2005.

RIBEIRO, I. C. A.; LO MONACO, P. A. V.; NASCIMENTO, F. S.; SILVA, R. A.; MATOS, A. T.; SARMENTO, A. P. **Utilização extrato de sementes de moringa como agente coagulante natural no tratamento da água residuária de suinocultura.** In: Simpósio de Iniciação Científica. Anais...

Viçosa: UFV, 2009.

SANT'ANNA JUNIOR, G.L. **Tratamento biológico de efluentes: Fundamentos e aplicações.** Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2010.

SEGANFREDO, M. A. **Gestão ambiental na suinocultura.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SILVA, J.B.G.; MARTINEZ, M.A.; PIRES, C.S.; ANDRADE, I.P.S.; SILVA, G.T. Avaliação da condutividade elétrica e pH da solução do solo em uma área fertirrigada com água residuária de bovinocultura de leite. Revista Irriga, Botucatu, Edição Especial, p.250-263, 2012.

SIMAS, J. M.; NUSSIO, C. M. **Reciclagem de nutrientes de esterco tendo em vista o controle da poluição do meio ambiente.** In: MATTOS, W. R. **A produção animal na visão dos brasileiros.** Piracicaba: FEALQ, 2001. P 383-394.

CAPÍTULO 5

DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO WEB APLICADA À HIDRÁULICA DE CANAIS

Data de aceite: 09/01/2020

Lenise Farias Martins
Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Sobral – CE

Rafael Pereira Maciel
Universidade Federal do Rio Grande, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Rio Grande – RS

Luis Henrique Magalhães Costa
Universidade Estadual Vale do Acaraú, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Curso de Graduação em Engenharia Civil, Sobral – CE

RESUMO: Escoamentos livres são caracterizados pela presença de ar atmosférico e condutos que trabalham sob esse regimento são denominados canais. Redes de esgoto, galerias de drenagem e vertedouros são exemplos mais comuns de obras e requerem conhecimento em hidráulica de canais para elaboração do projeto. A complexidade dos cálculos relacionados a essa área motiva a criação de ferramentas computacionais que agregam precisão e rapidez na geração de resultados. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação web para resolução de problemas comuns envolvendo hidráulica de canais. Esta ferramenta foi produzida através da união das linguagens de programação web: html, css e Javascript. O resultado final está disponível no link: http://hidrouva.com.br/, e pode ser acessada em qualquer dispositivo com acesso à internet. A seção "hidráulica de canais" contém cinco páginas: fluxo normal, que através dos dados de vazão e perfil geométrico do conduto calcula a altura da lâmina d'água; vazão, cujos cálculos são semelhantes aos da página anterior, porém resulta na vazão calculada a partir da altura d'água; ressalto hidráulico, que calcula a profundidade, o comprimento, e a altura do ressalto de acordo com a seção escolhida; dimensionamento de um trecho de tubulação de esgoto; vertedouros, que aborda os dois perfis: vertedouro retangular e vertedouro em perfil Creager, que resulta nas dimensões para a execução do projeto. A aplicação web Hidrouva possui estética simples e didática com resultados confiáveis, sendo uma ferramenta útil tanto para profissionais da área quanto para alunos de cursos relacionados à hidráulica de canais.

PALAVRAS-CHAVE: Hidráulica de canais, desenvolvimento web, tecnologia.

DEVELOPMENT OF WEB APPLICATION APPLIED TO OPEN CHANNEL HYDRAULICS

ABSTRACT: Free channel flows are

characterized by the presence of atmospheric air, and ducts that work under this regiment are called channels. Sewerage, drainage galleries, and spillways are most common examples of works that require knowledge in channel hydraulics for project design. The complexity of the calculations related to this area motivates the creation of computational tools that add precision and speed to the generation of results. This paper presents the development of a web application to solve common problems involving open channel hydraulics. This tool was produced by joining the web programming languages: html, css, and javascript. The final result is available at: http://hidrouva.com.br/, and it can be accessed by any device with internet access. The “open channel hydraulics” section contains five pages: normal flow, which, through flow data and conduit geometric profile, calculates the height of the water line; flow, whose calculations are similar to those on the previous page, but results in the flow calculated from the water line; hydraulic jump, which calculates the depth, length, and height of the jump according to the section shape chosen; design of a sewer pipe section; spillways, which addresses two profiles: rectangular spillway and creager profile spillway, which results in the dimensions for the project execution. The Hidrouva web application has simple and didactic aesthetics with reliable results, being it a useful tool for professionals in the field and for students of courses related to open channel hydraulics.
KEYWORDS: Open Channel Hydraulics, Web Development, Technology.

1 I INTRODUÇÃO

A necessidade de controlar, conter e transportar os recursos hídricos exige a implantação de obras hidráulicas dos mais diversos tipos. Dentre elas os condutos livres ou canais, os quais são utilizados para transporte e adução de água, que apresentam como principal característica a presença de pressão atmosférica ao longo da sua seção.

Porto (2006, p. 221) afirma que há mais dificuldade em tratar condutos livres do que forçados, porque apesar da similaridade no tratamento analítico dos dois tipos de escoamento devido a uma quantidade relevante de fatores externos que influem nesse tipo de fluxo. Com isso, por causa da complexidade dos estudos e a importância deles para a sociedade, a hidráulica de canais **é** uma das disciplinas fundamentais na formação de engenheiros civis e de outros profissionais que trabalham nessa área.

O dimensionamento de canais se inicia com a determinação da geometria da seção e prossegue com a análise hidráulica que contém rotinas de cálculo muito complexas e exaustivas que demandam tempo e exigem um alto nível de precisão.

O desenvolvimento de ferramentas computacionais facilita, reduz e agrega precisão ao dimensionamento de obras hidráulicas. Porém algumas aplicações mais complexas exigem formação sobre o uso e possuem versões pagas que muitas

vezes dificultam o acesso principalmente de estudantes.

Devido à importância e à popularização de dispositivos com acesso à internet, este trabalho objetivou o desenvolvimento de uma aplicação web voltada à hidráulica de canais composta por seções que abrangem os problemas mais comuns relacionados à área: determinação da profundidade normal (fluxo normal), determinação da capacidade de vazão, análise do ressalto hidráulico, dimensionamento de um trecho de rede de esgoto e dimensionamento de vertedouros. Para isso, aplicaram-se as seguintes linguagens de programação para desenvolvimento web: HTML, CSS e Javascript e usufruiu-se de exemplos da literatura para validar a confiabilidade dos resultados exibidos na tela do usuário. Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma aplicação web para que possa ser usada na análise hidráulica e no dimensionamento de canais.

2 | METODOLOGIA UTILIZADA

2.1 Escolha do Conteúdo da Seção "Hidráulica de Canais"

Profissionais optam cada vez mais pelo uso de ferramentas computacionais para agilizar e otimizar os seus trabalhos obtendo dados confiáveis e de alta precisão quando comparado ao método manual de elaboração de projetos. Porto (2006) explica que os atuais recursos computacionais reduzem o tempo de processamento e incremento das possibilidades de cálculo, possibilitando a simulação matemática de sistemas hidráulicos complexos fazendo intervir possantes e refinados modelos numéricos.

Neste enfoque, Porto (2006), Pruski et al. (2006), Pompeo e Savietto (1997), Zaque e Menezes Filho (2011) e Braga et al. (2017) desenvolveram ferramentas computacionais abrangendo várias áreas da hidráulica de canais.

Porto (2006) desenvolveu o *software* CANAIS3.EXE que resolve problemas de dimensionamento (cálculo dos parâmetros geométricos da seção), capacidade de vazão, determinação da altura d'água ou largura do fundo do canal dos seguintes tipos de seção: retangular, trapezoidal, circular, fundo circular, dentre outros serviços.

O *software* HIDROS, desenvolvido por Pruski et al (2006), implementa diversos modelos para dimensionamento e manejo de projetos hidroagrícolas. A ferramenta possui serviços de dimensionamento de canais, de drenagem de superfície, de controle de terraceamento, dentre outros. Pompeo e Savietto (1997) elaboraram o sistema BDL para o cálculo da capacidade de bocas de lobo. Para dimensionamento de galerias de água pluviais, Zaque e Menezes Filho (2011) criaram o DIMGAP um aplicativo computacional que realiza análise de custos do sistema de drenagem projetado.

Numa versão mais moderna e acessível, Braga et al. (2017) criaram um aplicativo

Android “Cálculo Hidráulico” que abrange o dimensionamento de canais retangulares e trapezoidais pela determinação da profundidade normal, a determinação de diâmetro de seções circulares e a verificação da capacidade hidráulica de seções retangulares e trapezoidais pela determinação da vazão.

Logo, tendo em vista a grande acessibilidade à internet por diversos tipos de dispositivos, optou-se pela criação de uma aplicação web relacionada à hidráulica de canais, pois é uma ferramenta de fácil alcance, não necessita de um arquivo executável para instalação, além de não ocupar espaço na memória do dispositivo utilizado.

2.2 Desenvolvimento da Seção “Hidráulica de Canais”

Esta seção faz parte do site Hidrouva e foi desenvolvida através da associação de três linguagens de programação web: HTML, CSS e *JavaScript.* A aplicação foi produzida no editor de código fonte *Visual Studio Code*, criado pela *Microsoft.*

A linguagem HTML (do inglês: *HyperText Markup Language*) foi utilizada para definir a estrutura do site: inserir textos, imagens, tabelas e formulários que recebe os dados de entrada digitados pelo usuário. Além disso, essa linguagem também é responsável pela adaptação da aplicação aos diferentes tipos de tela (Smartphones, Notebooks, Tablets, etc.)

A linguagem CSS (do inglês: *Cascading Style Sheets*) foi empregada para definir a estética da aplicação como: definir as fontes dos textos, o design dos formulários assim como o tamanho que este ocupa a página, o posicionamento dos formulários e das imagens, e alguns efeitos visuais para garantir um visual claro, simples e objetivo ao usuário da aplicação.

A linguagem de programação *Javascript* é responsável por efetuar os cálculos da plataforma. Primeiramente é efetuada a conversão das variáveis inseridas no formulário para as variáveis em *Javascript*, em seguida são inseridas todas as fórmulas e realizado os cálculos, por último o código retorna os resultados para a tela do usuário.

A seção de hidráulica de canais é composta por cinco páginas: dimensionamento de canais sob escoamento uniforme (fluxo normal), cálculo da vazão, ressalto hidráulico, dimensionamento de um trecho de tubulação de esgoto e de vertedouros.

2.3 Estudo de Caso

Com a finalidade de verificar a confiabilidade dos resultados, realizou-se um estudo comparativo aplicando os dados de exercícios da literatura e validando-os com a saída de dados exibidos para o usuário. A tabela 1 indica a comparação dos principais resultados das páginas desenvolvidas na aplicação e as respectivas

fontes bibliográficas utilizadas no estudo.

Página Web	Seção Escolhida	Parâmetro Analisado	Fonte Bibliográfica
Fluxo Normal	Retangular	Altura d'água	Porto (2006)
Vazão	Circular	Vazão	Porto (2006)
Ressalto Hidráulico	Retangular	Profundidade a jusante	Netto e Fernandéz (2017)
Dimensionamento de um trecho	-	Declividade de projeto	Pereira e Silva (2010)
Vertedouro	*Creager*	Lâmina Vertente (H0)	Porto (2006)

Tabela 1. Referências bibliográficas da validação dos resultados.

3 I RESULTADOS

Este trabalho é uma seção disponível no site Hidrouva cujo link **é** http://hidrouva.com.br. A seção apresenta um total de cinco páginas, todas com informações sobre os respectivos assuntos e imagens demonstrando os perfis geométricos e as variáveis analisadas a fim de proporcionar clareza na exibição dos resultados. A tabela 2 apresenta dos resultados obtidos pela comparação dos valores exibidos em tela com o gabarito dos exercícios da literatura utilizada.

Página Web	Seção Escolhida	Parâmetro Analisado	Fonte Bibliográfica	Resultados	
				Bibliografia	Aplicação Web
Fluxo Normal	Retangular	Altura d'água	Porto (2006)	$Y_0 = 1{,}35$	$Y_0 = 1{,}350$
Vazão	Circular	Vazão	Porto (2006)	Q = 1,20	Q = 1, 197
Ressalto Hidráulico	Retangular	Profundidade a jusante	Netto e Fernandéz (2017)	Y2 = 1,37	Y2 = 1,368
Dimensionamento de um trecho	-	Declividade de projeto	Pereira e Silva (2010)	I = 0,0143	I = 0,0143
Vertedouro	*Creager*	Lâmina Vertente (H0)	Porto (2006)	H0 = 0,60	H0 = 0,600

Tabela 2. Validação dos resultados

Nota-se que os resultados apresentam divergência mínima, isso devido à precisão relacionada ao número de casas decimais utilizadas na programação. Logo, conclui-se que a aplicação contém resultados confiáveis ao usuário.

3.4 Páginas: Fluxo Normal e Cálculo da Vazão

Ambas as páginas possuem estrutura, estética, entrada e saída de dados semelhantes. A página “Fluxo Normal” contém um conjunto com quatro botões para que o usuário escolha a seção a ser trabalhada, logo abaixo dele tem-se um formulário onde as linhas brancas e a linhas cinzas representam os dados de entrada e de saída, respectivamente. A figura 1 é uma captura de tela da aplicação e destaca a altura da lâmina d’água (Y), parâmetro utilizado para verificar a confiabilidade conforme consta na tabela 2.

A validação dos resultados da página “Vazão” foi realizada com seção circular e verificado o valor da vazão exibida na tela com o gabarito da questão escolhida na bibliografia consultada, conforme a tabela 2. A estética dessa página segue o mesmo conceito aplicado na página “Fluxo Normal”.

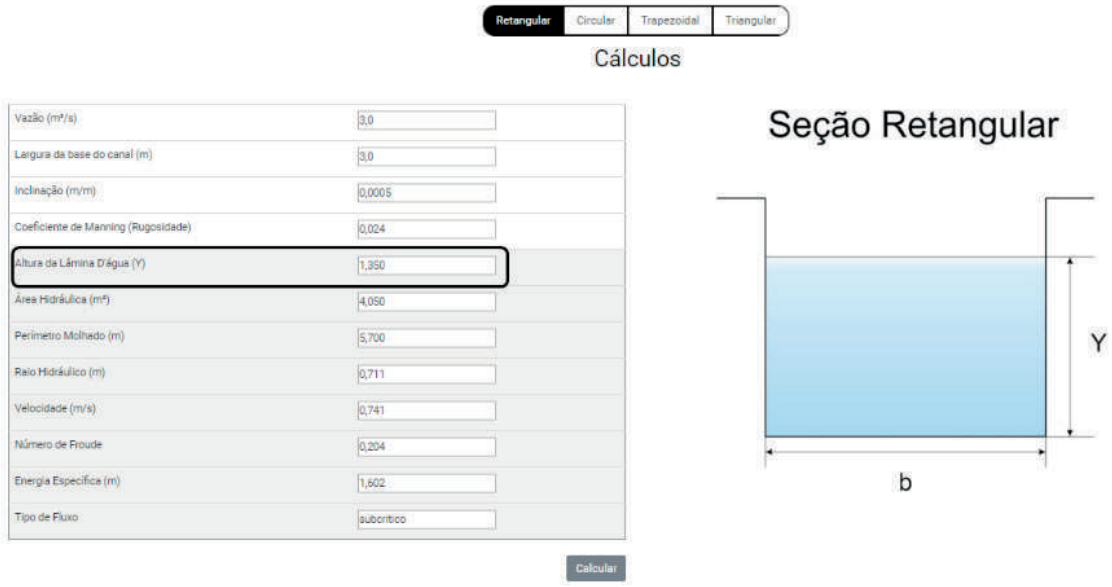


Figura 1. Validação dos resultados da página Fluxo normal em canais retangulares

Os dados de saída desta página são: altura d’água, área molhada, perímetro molhado, raio hidráulico, velocidade, número de Froude, energia específica e tipo de fluxo. Em Vazão, os dados de entrada são quase os mesmos da página Fluxo Normal a diferença é que a altura d´água é um dado de entrada e a vazão é um resultado a ser exibido.

3.5 Página: Ressalto Hidráulico

O resultado final desta página é exibido na captura de tela abaixo (figura 2) que contém as opções para análise do ressalto hidráulico de acordo com os dados de entrada que o usuário dispõe. A estética dessa seção é composta por um conjunto com três botões com as seguintes opções: canal retangular – profundidade a jusante, canal circular, canal retangular – profundidade a montante, o usuário seleciona de

acordo com a geometria do canal e a profundidade desconhecida.

A figura 2 exibe a captura de tela do produto final desta página e é destacada a linha contendo o resultado da profundidade a jusante, parâmetro utilizado na tabela 2.

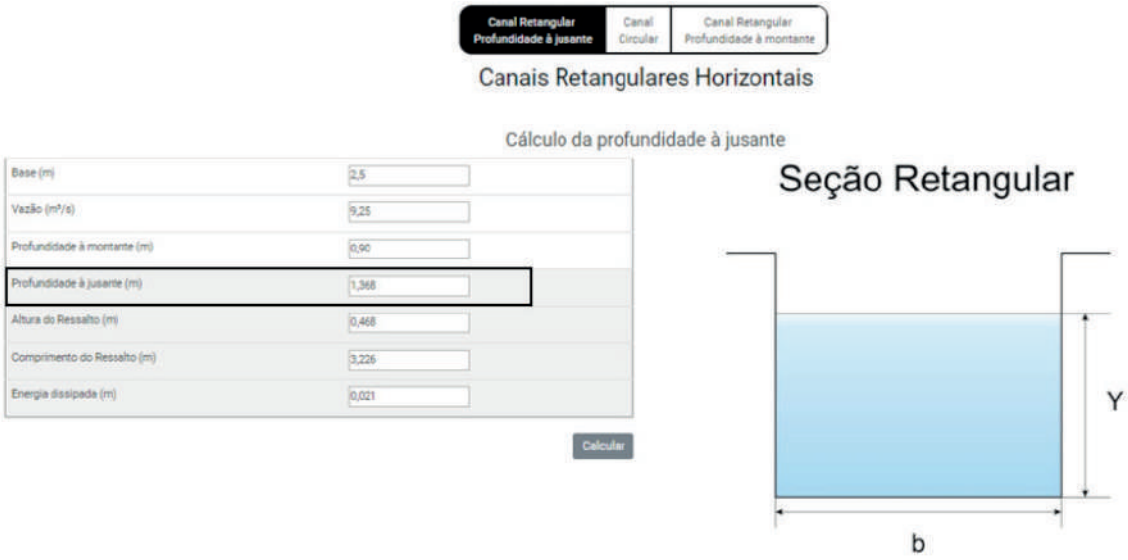


Figura 2. Validação dos resultados da página Ressalto Hidráulico em canais retangulares

A saída de dados exibe os seguintes resultados: profundidade desconhecida (montante ou jusante), altura conjugada, número de Froude e altura do ressalto.

3.6 Página: Dimensionamento de um Trecho

O resultado final é mostrado na figura 3, vale salientar que, devido à quantidade de parâmetros, a captura de tela desta página funciona apenas para mostrar de forma objetiva a estética adotada.

A estrutura da página é simples e didática proporcionando ao usuário eficiência e praticidade seja na elaboração de projeto, seja na análise de uma de rede de esgoto. Esta página apresenta duas tabelas distintas tanto para entrada de dados quanto para os resultados. À direita da tela, tem a imagem de um esboço do perfil do trecho assentado e, logo abaixo dela, a imagem da tabela necessária para o cálculo da declividade mínima.

Na figura 3 é realçada a linha que exibe o resultado da declividade de projeto, cujo valor e comparação com a literatura está na tabela 2.

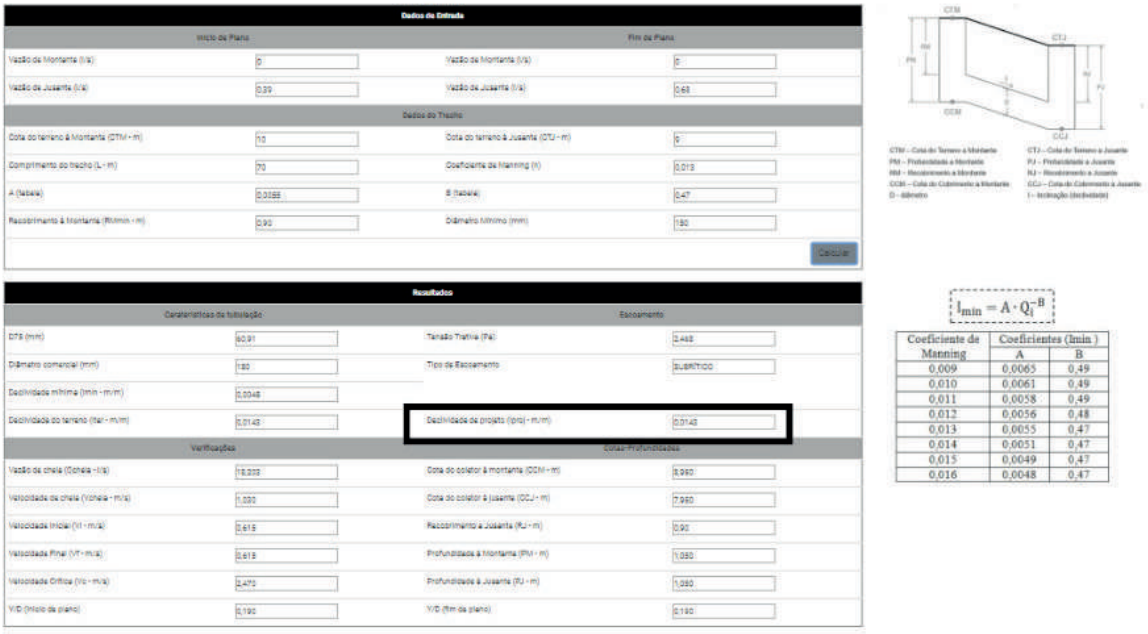


Figura 3. Página Dimensionamento de um Trecho.

Vale salientar que a imagem do perfil do trecho muda conforme o resultado da declividade do terreno. Esta alteração ocorre para representar de maneira simplificada o assentamento da tubulação em terrenos em declive (figura 4a), em aclive (figura 4b) ou planos (figura 4c).

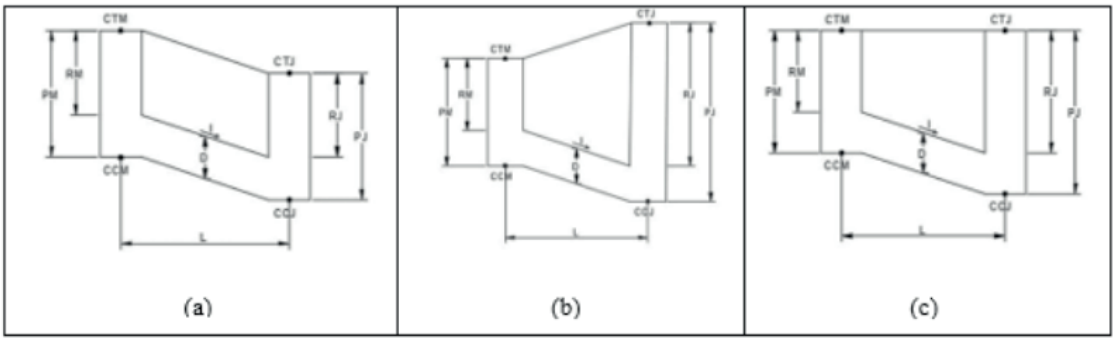


Figura 4. Imagem dinâmica.

A página retorna para o usuário os seguintes parâmetros: D75, diâmetro comercial, declividade – mínima, terreno, projeto – tensão trativa, tipo de escoamento, recobrimento a jusante, cota do coletor (montante e jusante), profundidade (montante e jusante), velocidades – cheia, inicial, final, crítica – vazão de cheia e Y/D (início e fim de plano).

3.7 Página: Vertedouros

Para dimensionamento de vertedouro retangular, a estética aplicada é simples e direta. Há duas tabelas adjacentes com a entrada de dados e os resultados, além da imagem da seção transversal do canal.

Os resultados exibidos para o usuário são: altura, largura, vazão máxima de saída e volume de reservação.

A estrutura da seção de perfil *Creager* consiste em cinco tabelas: entrada de dados, resultados, dados do ábaco onde há um link para download direto dos ábacos caso seja necessário, ponto c, ponto t, ponto b, ponto d e, no canto direito, há uma imagem exemplificando a geometria do vertedouro. A figura 5 apresenta a captura de dela desta página e o valor de H0 é realçado para a análise da tabela 2.

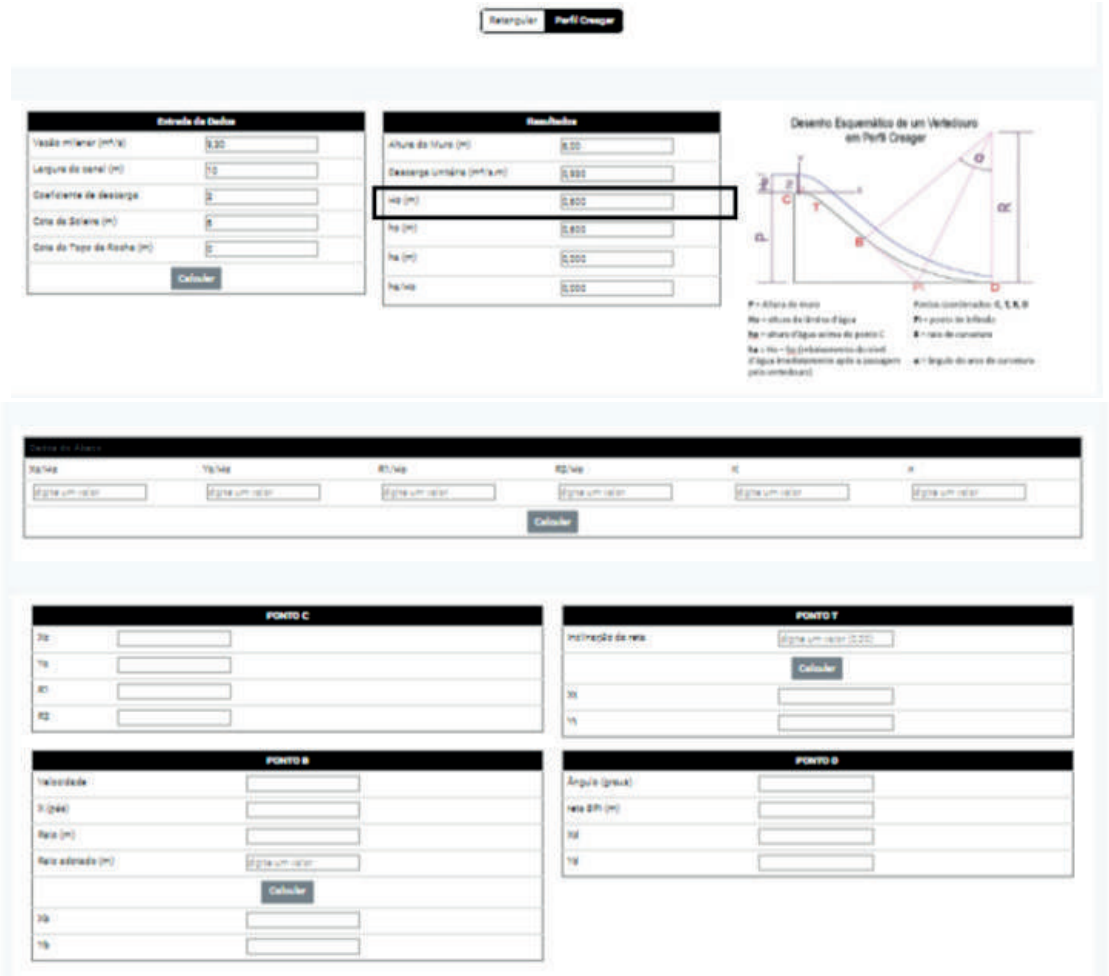


Figura 5. Página Vertedouro perfil Creager

Em suma, a página retorna as coordenadas dos pontos principais (CTBD) que resultam na geometria do vertedouro em perfil *Creager*.

4 I CONCLUSÃO / RECOMENDAÇÕES

A facilidade de acesso à internet por meio de vários dispositivos faz com que aplicações web sejam utilizadas com mais frequência. Através da análise dos resultados obtidos com a aplicação web desenvolvida é possível constatar que o modelo apresenta uma estética agradável, adaptando-se a todas as resoluções de tela. Além da obtenção de dados satisfatórios, quanto à confiabilidade dos resultados,

devido à compatibilidade com os dados de referência.

Espera-se que o resultado final desse trabalho seja uma ferramenta bastante aplicada por profissionais e alunos no aprendizado da hidráulica de canais, e que o uso desta aplicação possa motivar a criação de outros modelos ligados às diversas áreas da engenharia.

Sugere-se a continuidade do site Hidrouva destacando outras áreas a serem acrescentadas como por exemplo hidrologia, mecânica dos fluídos, redes de abastecimento de água que abordem os principais assuntos trabalhados a fim de enriquecer o conjunto de serviços disponíveis na plataforma.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Lara Pinto. ***Fundamentos de Engenharia Hidráulica.*** Belo Horizonte: UFMG, 2014.

BAPTISTA, Márcio Benedito *et al* (org.). ***Hidráulica Aplicada***. 2. ed. rev. e aum. Porto Alegre - RS: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2014. 628 p. ISBN 85-88686-09-0.

BRAGA, Pedro Henrique Alves; MENEZES FILHO, Frederico Carlos Martins de; FREIRE, Guilherme Mendonça. **Desenvolvimento de um aplicativo android para a hidráulica de canais.** *Revista eletrônica de engenharia civil*, Goiânia - GO, 29 mar. 2017. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/view/43710. Acesso em: 3 abr. 2019.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA**. Guia Prático para Projetos de Pequenas Obras Hidráulicas**. São Paulo: Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento, 2006.

NETTO, José Martiniano de Azevedo; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández Y. ***Manual de Hidráulica***. 9. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2015. ISBN 978-85-212-0500-5.

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SILVA, Jaqueline Maria Soares da. ***Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Projeto, Construção e Operação***. 2. ed. rev. e aum. Belém: [*s. n.*], 2010. 301 p. ISBN 978-85-911185-0-2.

POMPÊO, C. A; SAVIETTO, H. ***Drenagem de pavimentos: sistema BDL*****.** In: Benedito Braga; Carlos Tucci; Marcos Tozzi. (Org.). Drenagem Urbana - Gerenciamento, simulação, controle. 1 ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, UFRGS, p.91-100. 1997.

PORTO, Rodrigo de Melo**. *Hidráulica Básica***. 4. ed. São Carlos - SP: EESC USP, 2006. 519 p. ISBN 85-7656-084-4.

PRUSKI, F. F., SILVA, D. D., TEIXEIRA, A. F., CECÍLIO, R. A. SILVA, J. M. A.,GRIEBELER, N. P. ***Hidros - Dimensionamento de sistemas hidroagrícolas*****.** Viçosa: UFV, 2006. 259p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. **Spillways**. *In*: UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. ***Design of Small Dams***. Washington, DC: U.S Government Printing Office, 1987.

ZAQUE, R. A. M; MENEZES FILHO, F. C. M. ***DIMGAP 1.0: Aplicativo para o dimensionamento de galerias de águas pluviais e análise de custos envolvidos.*** In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió. 2011.

CAPÍTULO 6

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

Data de aceite: 09/01/2020

Arnaldo Sarti
(http://lattes.cnpq.br/2460595811406704)
UNESP – Universidade Estadual Paulista, CEMPEQC–IQ – Centro de Monitoramento e Pesquisa da Qualidade de Combustíveis, Biocombustíveis e Derivados de Petróleo – Instituto de Química, PPG-QUI – Programa de Pós-Graduação em Química
Araraquara – SP.

Bruna Sampaio de Mello
(http://lattes.cnpq.br/7401021431526116)
UNESP – Universidade Estadual Paulista, IQ – Instituto de Química, PPG-QUI – Programa de Pós-Graduação em Química
Araraquara – SP.

Brenda Clara Gomes Rodrigues
(http://lattes.cnpq.br/0687237643451576)
UNESP – Universidade Estadual Paulista, IQ – Instituto de Química, PPG-BIO – Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia
Araraquara – SP.

Maria Angélica Martins Costa
(http://lattes.cnpq.br/3868252624627232)
UNESP – Universidade Estadual Paulista, IQ – Instituto de Química, PPG-QUI – Programa de Pós-Graduação em Química
Araraquara – SP.

Samuel Conceição de Oliveira
(http://lattes.cnpq.br/2041303049625571)
UNESP – Universidade Estadual Paulista, FCF – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, PPG-EBB – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos.
Araraquara – SP.

RESUMO: O Brasil é o detentor da maior parcela da produção mundial de suco de laranja concentrado. Como consequência dessa alta produção, são geradas grandes quantidades de efluentes líquidos que necessitam ser tratados em adequados sistemas de tratamento implantados nas indústrias cítricas, geralmente constituídas de unidades biológicas que visam remover especificamente matéria orgânica. Tais unidades não atingem as eficiências desejadas muito em função da inibição da atividade biológica pela presença de compostos tóxicos residuais, como o D-limoneno (terpeno), extraído da casca da laranja. Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho foi avaliar a degradação de D-limoneno em reator anaeróbio horizontal de leito fixo com biomassa imobilizada em diferentes suportes inertes e operado com diferentes concentrações de D-limoneno na alimentação (C_0 = 10 – 500 mg.L^{-1}). Um modelo matemático simples foi proposto para descrever o processo de remoção de D-limoneno, o qual permitiu determinar a constante aparente de

remoção para cada ensaio realizado. Assim, tais estudos podem contribuir para a efetiva melhoria operacional dos sistemas de tratamento empregados pelas indústrias cítricas, aumentando a eficiência de remoção de D-limoneno e, consequentemente, causando menor impacto ambiental dos efluentes gerados.
PALAVRAS-CHAVE: D-limoneno; tratamento anaeróbio; modelagem matemática.

EXPERIMENTAL STUDY AND MATHEMATICAL MODELING OF A HORIZONTAL-FLOW ANAEROBIC IMMOBILIZED SLUDGE (HAIS) REACTOR FOR BIOLOGICAL TREATMENT OF SYNTHETIC EFFLUENT CONTAINING D-LIMONENE

ABSTRACT: Brazil is considered the one of greatest orange juice producer in the world. As a result, high amount of wastewater is generated, making necessary its treatment. Most treatment of these wastewaters has been carried out in biological treatment plants. However, low removal efficiency has been achieved when using anaerobic or/ and aerobic processes especially due to biological inhibition by toxic compounds, like the D-limonene, present in these wastewaters. The terpene D-limonene is extracted from the orange hulls and high amount of this residue can be found in the citric industrial effluents. In this study, the main objective was to evaluate the D-limonene biodegradability in a bench-scale horizontal-flow anaerobic immobilized sludge (HAIS) reactor. Different biomass supports were used and the D-limonene concentration in the substrate feed stream (C_0) varied from 10 – 500 mgL^{-1}. A mathematical model, based on the experimental data behavior, was proposed to determine the D-limonene apparent removal constant for each assay performed. The obtained results showed that the system employed in this study can to improve the current wastewater treatment systems in the industrial plants by promoting the D-limonene removal and reducing the environmental impacts involved in the orange processing chain.
KEYWORDS: D-limonene**;** anaerobic treatment; mathematical modeling;

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja concentrado e seus subprodutos, disputando com os Estados Unidos a hegemonia nesse mercado. O Estado de São Paulo concentra 80% da produção de frutas cítricas e 90% da capacidade de processamento. As regiões do Estado tradicionalmente ligadas ao setor são representadas pelos municípios de São José do Rio Preto, Limeira, Araraquara, Jaboticabal e Barretos (YAMANAKA, 2005). O processo de obtenção do suco de laranja concentrado consiste em uma série de operações unitárias industriais de grande escala. Além do suco de laranja, há vários outros subprodutos que podem ser obtidos durante o processamento da laranja conforme mostra a Figura 1, na qual as quantidades apresentadas estão baseadas em 100 kg de laranja processada.

A composição química dos óleos essenciais naturais depende de vários fatores,

principalmente da origem da planta, o que faz cada óleo ter uma composição química específica (FISHER; PHILLIPS, 2008), podendo um óleo essencial ser composto por 20 a 60 componentes químicos diferentes, o que o torna um produto valorizado (BAKKALI et al., 2008). O principal componente da casca de críticos é o D-limoneno, cuja concentração no óleo essencial pode variar de 32% a 98% na tangerina, 45 a 76% no limão e 68 a 98% na laranja (MOUFIDA; MARZOUK, 2003). Como o D-limoneno é o componente mais expressivo no óleo essencial produzido da casca da laranja, ele é o responsável pelo odor que se pode sentir nas proximidades de uma planta de processamento de suco. Como pode ser notado, o D-limoneno no âmbito do processo de produção de suco de laranja, é um subproduto da cadeia produtiva. Ele é gerado tanto na produção de óleos essenciais como na sua própria obtenção quando da produção de farelo de polpa cítrica para ração animal ou para produção de pectina. No processo de fabricação de farelo, o D-limoneno é obtido diretamente do licor de prensagem da casca da laranja, bagaço e semente, após ajuste do pH com cal. Este licor produzido é enviado a uma conjunto de peneiras para a remoção de sólidos e posteriormente submetido ao processo de evaporação. Na etapa de concentração por evaporação, o D-limoneno é extraído misturado com o condensado do primeiro estágio do evaporador de múltiplo efeito. Este condensado é mantido sob decantação e o sobrenadante obtido é o D-limoneno. Ressalta-se que a produção brasileira anual de D-limoneno é de aproximadamente 50 mil toneladas (MARÓSTICA & PASTORE, 2007). Na Figura 2 podem ser visualizados, de forma esquemática, os dois subprocessos do processamento global da indústria cítrica nos quais o D-limoneno é obtido.

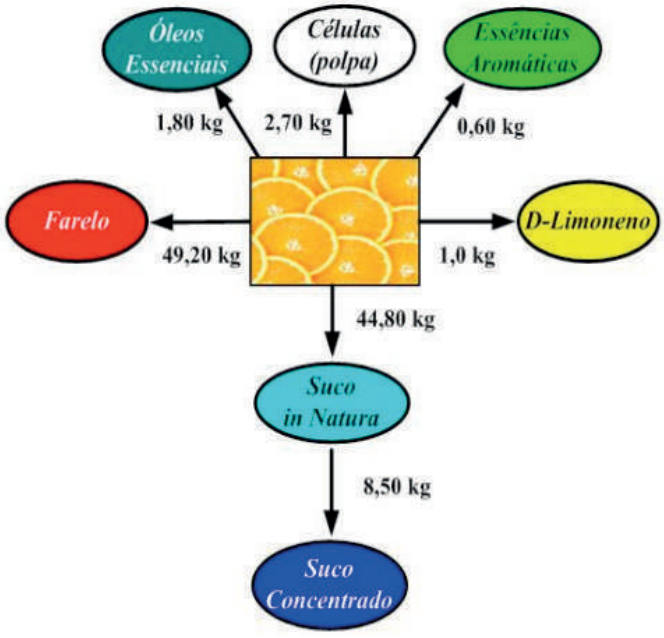


Figura 1. Quantidades teóricas de produtos e subprodutos obtidos no processamento da laranja para produção de suco.

Fonte: YAMANAKA (2005).

A vazão de efluentes gerada para tratamento depende diretamente do volume de produção de suco de laranja, sendo que a avaliação qualitativa e quantitativa do efluente cítrico permite a adequação do nível de tratamento necessário para atingir as características requeridas para o efluente final em cumprimento à legislação vigente, atendendo aos parâmetros normativos conforme a classificação do corpo d'água e os padrões de lançamento.

Os sistemas mais utilizados são lagoas facultativas aeróbias e anaeróbias ou uma combinação destas. Sistemas mais compactos podem ser encontrados tais como lodos ativados convencionais (PONEZI et al., 2005) e suas variantes e sistemas anaeróbios (reatores UASB) (ELNEKAVE et al., 2012). Como os efluentes gerados nas indústrias de sucos cítricos possuem alta carga orgânica, a remoção por via biológica torna-se realmente uma alternativa interessante, mas, um fator que pode prejudicar o tratamento é a presença de quantidades residuais de D-limoneno nos efluentes, agente bacteriostático, ou seja, um inibidor do crescimento bacteriano. O uso crescente de D-limoneno e sua presença em efluentes cítricos, bem como a escassez de informações sobre sua biodegradação, geraram a necessidade de estudar o destino ambiental destes resíduos bem como investigar processos biológicos eficazes para sua degradação.

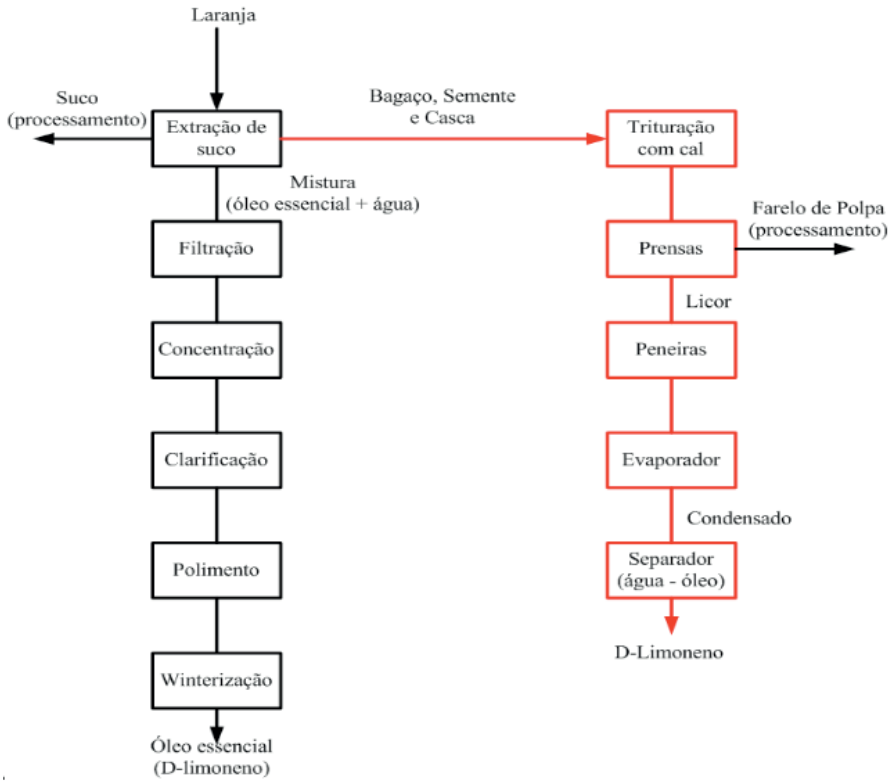


Figura 2. Subprocessos de produção de D-limoneno durante o processamento da laranja

Fonte: Autores.

2 I OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a degradação de D-limoneno em reator anaeróbio horizontal de leito fixo (RAHLF) empregando diferentes suportes inertes (carvão mineral, espuma de poliuretano e brita) para imobilização da biomassa, bem como propor um modelo matemático visando descrever o comportamento do processo nas diferentes concentrações de D-limoneno aplicadas ao reator (C_0 = 10–500 mg.L^{-1}).

3 I METODOLOGIA

O Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF) em escala de bancada foi confeccionado em PVC com comprimento (L) de 150 cm e diâmetro interno (D) de 10 cm, resultando em uma razão L/D = 15. O reator possui volume total de 13,7 L, sendo 12 L de volume útil reacional e 1,7 L (10 % do total) destinados à separação do biogás gerado no processo. Amostradores intermediários foram distribuídos ao longo do comprimento do reator, espaçados de 30 cm, em posições correspondentes a L/D de 3, 6, 9, 12 e 15 (saída do reator) para coleta de amostras. Na Figura 3 está apresentado o esquema do aparato experimental utilizado nos ensaios.

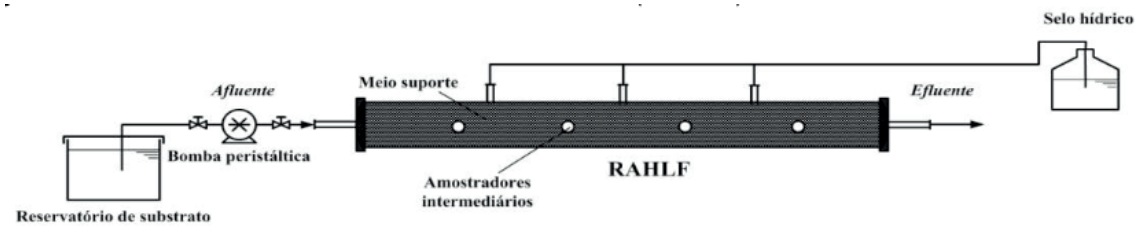


Figura 3. Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF) em escala de bancada.

No interior do RAHLF foram introduzidos materiais inertes (carvão mineral, espuma de poliuretano e brita), os quais serviram como suporte para imobilização da biomassa anaeróbia. A inoculação do RAHLF foi realizada com 2,5 L de lodo anaeróbio de abatedouro de aves, sendo este mantido em contato com os materiais suportes em recipiente de 20L durante 48 horas, conforme ZAIAT et al., (1994). A alimentação do reator foi realizada por meio de bomba peristáltica em vazões de 0,125 L.h^{-1} (TDH = 48 h) e 0,250 L.h^{-1} (TDH = 24 h). O substrato foi preparado diluindo-se com água meio contendo D-limoneno (fonte orgânica), extrato de carne, bicarbonato de sódio, sendo que as concentrações de D-limoneno aplicadas ao reator variaram de 10 a 500 mg.L^{-1}. O monitoramento do RAHLF foi feito por meio da realização de perfis temporais consistindo na coleta e análise de amostras do afluente, efluente e dos pontos intermediários do reator. Estes perfis foram realizados após estabilização dos valores de DQO e AVT no efluente. O reator foi operado em sala climatizada,

com temperatura entre 24 e 26 ^{0}C.

Os parâmetros de qualidade analisados foram pH, temperatura, Demanda Química de Oxigênio (DQO) bruta e filtrada (membrana 1,2 μm), de acordo com APHA, (2005). As análises de Alcalinidade a Bicarbonato (AB) e Ácidos Voláteis Totais (AVT) foram realizadas conforme RIPLEY et al., (1986) e DILALLO & ALBERTSON, (1961). A determinação da concentração de D-limoneno nas amostras foi realizada por meio de cromatografia gasosa utilizando-se um equipamento CG Agilent 7890B, o qual foi acoplado a um espectrômetro de massas (Agilent 5977 A/MSD) com injetor automático PAL RSI 85, sendo hélio o gás de arraste.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Estudo experimental

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentados os resultados experimentais do tratamento biológico para as diferentes concentrações de D-limoneno aplicadas ao reator (C_0 = 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500 mg/L). A partir destas tabelas, pode-se observar que a remoção de matéria orgânica foi satisfatória em todos os ensaios realizados. A estabilidade do processo foi confirmada pela geração de AB e conseqüente consumo de AVT. As faixas de valores de pH no efluente estiveram entre 7,1 e 7,4, enquanto que no afluente estiveram entre 7,2 e 7,5.

Conforme observado nas Tabelas 1 e 2, houve aplicação de várias concentrações de D-limoneno, reduzindo-se o TDH aplicado ao RAHLF de 48 para 24 horas, a partir de C_0 = 50 mg.L^{-1}. Assim, as concentrações de matéria orgânica submetidas ao reator foram crescentes para cada fase de operação. Durante as etapas experimentais, os valores médios de DQO no afluente estiveram entre 480 mg.L^{-1} (C_0 = 10 mg.L^{-1}) e 1251 mg.L^{-1} (C_0 = 500 mg.L^{-1}) para as amostras brutas (DQO total) e entre 703 mg.L^{-1} (C_0 = 10 mg.L^{-1}) e 1038 mg.L^{-1} (C_0 = 500 mg.L^{-1}) para as amostras filtradas (DQO filtrada).

Coleta	10 mg.L^{-1}	20 mg.L^{-1}	30 mg.L^{-1}	40 mg.L^{-1}	50 mg.L^{-1}*	50 mg.L^{-1}**
Alcalinidade Total (mg.L^{-1})						
Afluente	295±36	314±23	228±29	315±35	290±13	310±11
Efluente	340±42	349±31	339±25	359±24	346±17	340±17
Alcalinidade a Bicarbonato (mgCaCO$_3$.L^{-1})						
Afluente	253±37	269±29	247±34	267±42	248±14	270±12
Efluente	300±39	313±38	306±22	326±28	308±15	299±16
Ácidos Voláteis Totais (mgHac.L^{-1})						
Afluente	59±10	63±9	58±9	66±10	59±3	57±10

Efluente	57±11	57±7	46±16	47±5	53±8	58±3
			DQO_{Total} ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	480±28	514±33	549±21	590±8	665±27	641±11
Efluente	182±8	166±7	162±13	218±11	283±12	257±13
Eficiência (%)	62	68	70	63	57	60
			$DQO_{Filtrada}$ ($mg.L^{-1}$)			
Afluente	456±37	476±40	504±43	456±22	644±26	616±14
Efluente	169±9	154±8	147±13	204±10	266±10	245±14
Eficiência (%)	65	70	73	65	60	62

Tabela 1. Valores médios dos parâmetros calculados a partir de dados de 221 dias de operação do RAHLF sob diferentes concentrações de D-limoneno aplicadas (C_0 = 5-50 $mg.L^{-1}$).

Legenda: *TDH = 48 h e **TDH = 24 h

Coleta	100 $mg.L^{-1}$	200 $mg.L^{-1}$	300 $mg.L^{-1}$	400 $mg.L^{-1}$	500 $mg.L^{-1}$
			Alcalinidade Total ($mg.L^{-1}$)		
Afluente	301±27	304±39	293±16	296±19	321±19
Efluente	341±25	348±19	345±18	347±12	362±14
			Alcalinidade a Bicarbonato ($mgCaCO_3^{-2}.L^{-1}$)		
Afluente	260±27	260±45	251±16	250±21	280±18
Efluente	308±26	312±19	345±18	303±12	316±13
			Ácidos Voláteis Totais ($mgHac.L^{-1}$)		
Afluente	56±11	63±10	60±3	64±7	58±3
Efluente	47±10	52±5	54±6	62±6	64±2
			DQO_{Total} ($mg.L^{-1}$)		
Afluente	703±16	722±21	807±27	886±60	1251±120
Efluente	289±4	288±8	304±11	287±26	332±23
Eficiência (%)	59	60	62	68	73
			$DQO_{Filtrada}$ ($mg.L^{-1}$)		
Afluente	684±13	703±16	792±24	838±57	1038±100
Efluente	276±7	272±19	292±15	271±25	312±29
Eficiência (%)	61	62	64	69	75

Tabela 2. Valores médios dos parâmetros calculados a partir de dados de 221 dias de operação do RAHLF sob diferentes concentrações de D-limoneno aplicadas (C_0 = 100-500 $mg.L^{-1}$) e TDH = 24 h.

Conforme as Tabelas 1 e 2, os valores médios de eficiência de remoção de matéria orgânica variaram entre 57% e 73% para as amostras brutas e entre 60% e 75% para as amostras filtradas. Estes valores de eficiência são satisfatórios uma

vez que a unidade de tratamento foi operada tendo apenas o D-limoneno como fonte principal de matéria orgânica, sendo este composto conhecido como um agente bacteriostático e inibidor.

Essa inibição causada pelo D-limoneno está relacionada à sua propriedade biocida (BAKKALI et al., 2008). Além disso, alguns autores relatam que o efeito inibidor nos microrganismos ocorre devido à diminuição do processo de fosforilação oxidativa nas células (CHARTTERJEE & BHATTACHRYYA, 2001). Vários estudos são encontrados, especificamente, relatando o efeito do D-limoneno em diferentes grupos de bactérias pertencentes à digestão anaeróbia. Assim, D-limoneno é comprovadamente inibitório para *arqueas* metanogênicas e bactérias acidogênicas (hidrolíticas) (CASTILLEJOS et al., 2006). Bactérias metanogênicas acetoclásticas também são inibidas, enquanto que bactérias metanogênicas hidrogenotróficas são mais resistentes ao D-limoneno (CRANE et al., 1957).

Quanto aos parâmetros de qualidade do efluente tratado, os valores médios de DQO total ficaram entre 162±13 $mg.L^{-1}$ e 332±23 $mg.L^{-1}$ e de DQO filtrada entre 147±13 $mg.L^{-1}$ e 332±23 $mg.L^{-1}$. Ressalta-se que a proximidade dos valores de DQO total e filtrada no efluente indica que a quantidade de DQO particulada presente no meio liquido (sólidos suspensos) e/ou a perda de biomassa são reduzidas, resultado corroborado pelos baixos valores de SST e SSV no efluente, conforme atestam os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

4.2 Modelagem matemática do processo de degradação do D-limoneno

No desenvolvimento do modelo matemático para o processo, admitiu-se comportamento hidrodinâmico de fluxo pistonado ideal para o reator. Assim, o balanço de massa de D-limoneno em um elemento diferencial de volume do reator (*dV*) é dado por:

$$F + dF = F - \left(-R_{obs}\right)dV \Rightarrow \frac{dF}{dV} = -\left(-R_{obs}\right) \qquad (1)$$

O fluxo mássico de D-limoneno (*F*) ao longo do reator é dado pelo produto de sua concentração (*C*) pela vazão volumétrica de efluente (Q), isto é, $F=C.Q$. Desta forma, a expressão do balanço de massa de D-limoneno fica:

$$\frac{d(CQ)}{dV} = -\left(-R_{obs}\right) \Rightarrow Q\frac{dC}{dV} = -\left(-R_{obs}\right) \qquad (2)$$

Considerando que $dV=A.dL$ (*L*=comprimento percorrido no reator) e que a vazão volumétrica de efluente (Q) é dada por $Q=\varepsilon.A.v_{i_i}$, onde e é a porosidade do leito, *A* é a área da seção transversal do reator e v_i é a velocidade intersticial de

escoamento, a Equação (2) pode ser escrita como:

$$\varepsilon A v_i \frac{dC}{AdL} = -\left(-R_{obs}\right) \tag{3}$$

Multiplicando-se ambos os membros da Equação (3) pelo diâmetro do reator (D) e rearranjando-se, obtém-se:

$$D\frac{dC}{dL} = -\frac{D}{\varepsilon v_i}\left(-R_{obs}\right) \Rightarrow \frac{dC}{d\left(L/D\right)} = -\frac{D}{\varepsilon v_i}\left(-R_{obs}\right) \tag{4}$$

Em razão do comportamento experimental exibido pela concentração de D-limoneno ao longo do reator, admitiu-se, como primeira aproximação, uma cinética de 1ª ordem para representar a taxa de degradação do D-limoneno, isto é, $(-R_{obs})= kC$. Assim:

$$\frac{dC}{d\left(L/D\right)} = -\left(\frac{D}{\varepsilon v_i}\right)kC \Rightarrow \frac{dC}{d\left(L/D\right)} = -k_{ap}C \tag{5}$$

Integrando-se a Equação (5) nos limites apropriados, obtém-se:

$$C = Ae^{-k_{ap}\left(L/D\right)}\ ,\ k_{ap} = \left(\frac{D}{\varepsilon v_i}\right)k \tag{6}$$

Na Equação (6), A é o valor da concentração de D-limoneno na entrada do reator estimada pelo modelo e k_{ap} é a constante aparente de remoção de D-limoneno.

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros estimados, seus respectivos desvios-padrão e valores da estatística p e do coeficiente de determinação (R^2) para avaliação da qualidade do ajuste do modelo matemático. De acordo com os dados apresentados nessa tabela, pode-se observar que os parâmetros do modelo foram estimados com boa precisão para todos os ensaios realizados uma vez que os respectivos desvios-padrão foram pequenos para todos eles. Com relação ao parâmetro k_{ap}, este mostrou-se dependente da concentração de alimentação (C_0) aplicada ao reator, apresentando um decaimento não linear com o aumento dessa concentração conforme mostrado na Figura 4, sugerindo haver uma inibição do processo de degradação do D-limoneno por excesso de substrato. Entretanto, estudos mais conclusivos sobre essa possível inibição devem ser realizados.

C_0 (mg/L)	A (mg/L)	k_{ap} (h^{-1})	R^2	p
10.3	10.31 ± 0.11	1.26 ± 0.16	0.99939	3.60539×10^{-7}
19.5	19.51 ± 0.10	1.48 ± 0.14	0.99988	1.44179×10^{-8}
26.8	26.75 ± 0.19	1.37 ± 0.14	0.99976	5.62453×10^{-8}

45.2	45.20 ± 0.45	1.08 ± 0.08	0.99952	$2.28353x10^{-7}$
48.2	48.16 ± 0.34	1.33 ± 0.13	0.99975	$6.23203x10^{-8}$
53.5	53.52 ± 0.48	1.25 ± 0.13	0.99961	$1.51074x10^{-7}$
114.2	114.18 ± 2.10	1.04 ± 0.14	0.99830	$2.72074x10^{-6}$
241.4	240.92 ± 9.57	0.56 ± 0.07	0.99137	$5.46533x10^{-5}$
328.8	326.34 ± 21.36	0.46 ± 0.08	0.97554	$3.70622x10^{-4}$
431.0	429.61 ± 25.50	0.56 ± 0.10	0.98024	$2.65786x10^{-4}$
504.8	491.81 ± 46.28	0.31 ± 0.06	0.94351	$1.28000x10^{-3}$

Tabela 3. Valores calculados dos parâmetros (A, k_{ap}) e do coeficiente de determinação (R^2) e estatística p para o teste de falta de ajuste do modelo matemático proposto.

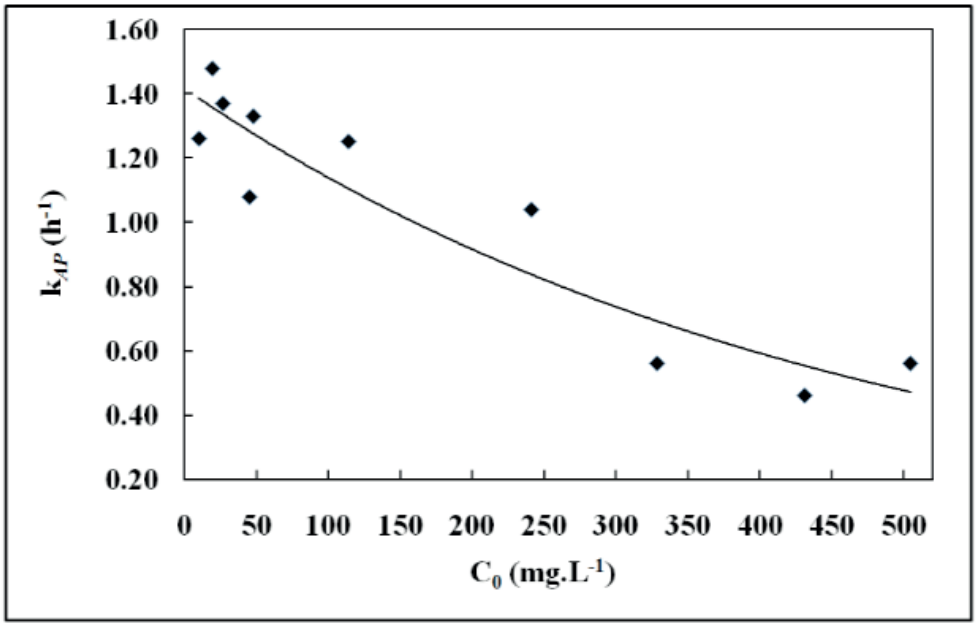


Figura 4. Comportamento da constante aparente de remoção de D-Limoneno (k_{ap}) em função da concentração de alimentação (C_0) aplicada ao RAHLF.

Os valores de R^2 acima de 0.94 indicam a boa qualidade do ajuste do modelo aos dados experimentais para todos os ensaios realizados, significando que 94% ou mais da variância em torno da média das observações experimentais é explicada pelo modelo matemático. Além disso, o modelo matemático foi avaliado pelo teste do valor p segundo o qual, a hipótese do modelo ser inadequado é rejeitada se o valor p for menor que o nível de significância (α) adotado para o teste, usualmente igual a 0.05. Assim, de acordo com os dados apresentados na Tabela 3, o teste de falta de ajuste do modelo foi negativo para todos os ensaios realizados. Além disso, na Figura 5 estão apresentados ilustrativamente gráficos de alguns dos ajustes produzidos pelo modelo matemático, comprovando que o modelo matemático proposto representa adequadamente o processo de degradação de D-limoneno em reator anaeróbio horizontal de leito fixo.

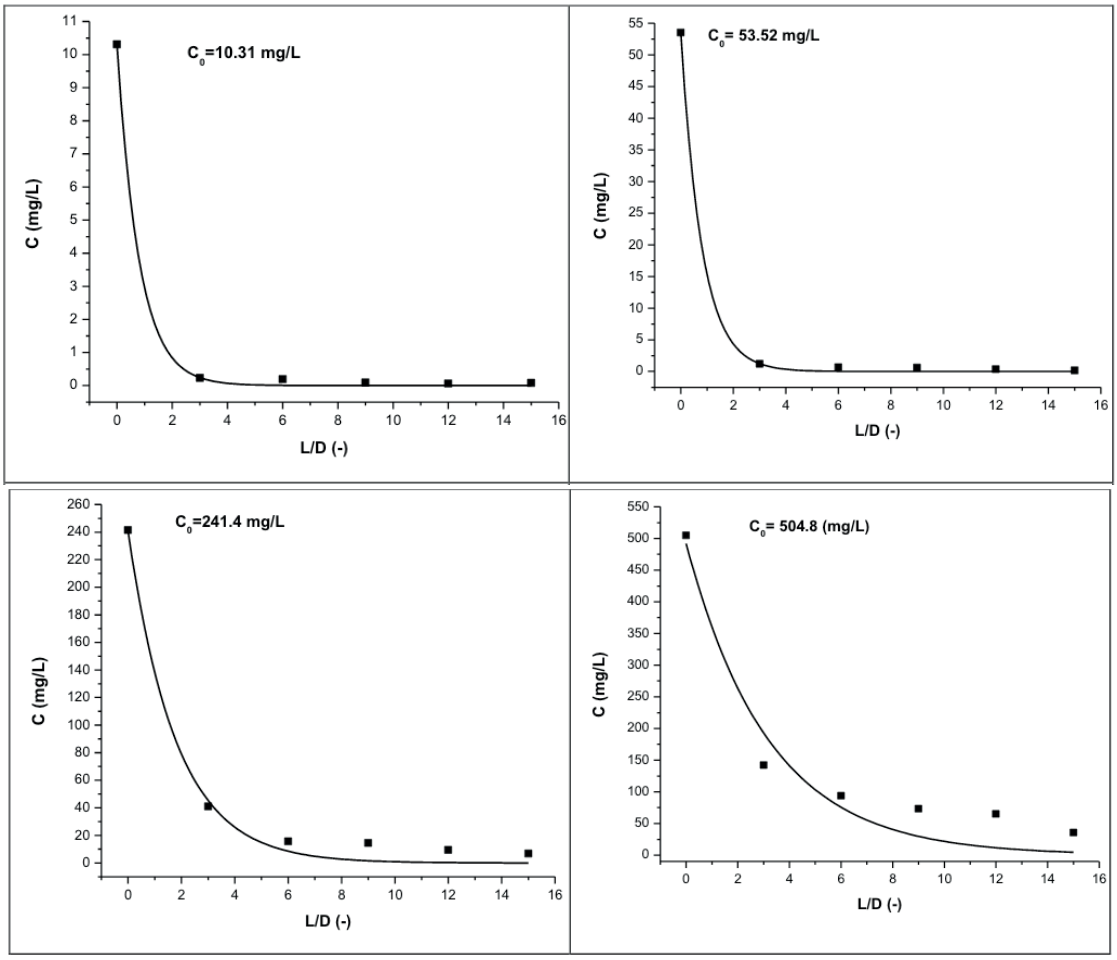


Figura 5. Gráficos ilustrativos da qualidade do ajuste do modelo matemático aos dados experimentais de degradação de D-limoneno em reator anaeróbio horizontal de leito fixo.

5 I CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos neste estudo, as seguintes conclusões podem ser realizadas:

- o tratamento de efluentes em Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo (RAHLF) mostrou-se uma tecnologia bastante promissora para a remoção biológica eficiente de D-limoneno presente em efluentes industriais cítricos;
- o modelo matemático proposto mostrou-se adequado para descrever o processo de remoção de D-limoneno em RAHLF nas diferentes condições aplicadas ao reator.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WPCF (2005). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th edition. Washington. American Public Health Association, Washington.

BAKKALI, F., AVERBECK, S. AVERBECK, D., IDAOMAR, M. (2008). **Biological effects of essential oils – A review**. Food and Chemical Toxicology, 46: 446 – 475.

CASTILLEJOS, L., CALSAMIGLIA, S., FERRET, A. (2006). **Effect of essentials oil active**

compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. J. Dairy Science. 89: 2649–2658.

CHARTTERJEE, T., BHATTACHARYYA, D.K. (2001). **Biotransformation of limonene by Pseudomonas putida.** Applied Microbiology Biotechnology, 55: 541–546.

CRANE, A., NELSON, W.O., BROWN, R.E. (1957). **Effects of D-limonene and a-D-pinene on in vitro carbohydrate dissimilation and methane formation by rumen bacteria**. Journal Dairy Science, 40:1317-1323.

DILLALO, R. & ALBERTSON, O.E. (1961) **Volatile Acids by Direct Tritation**. Journal WPCF, 33: 356-365.

ELNEKAVE M., CELIK, S.O., TATLIER M., TUFECKI, N. (2012). **Artificial Neural Network predictions of Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactor performance in the treatment of citrus juice wastewater**. Polish Journal Environmental Studies, 21(1): 49-56.

FISHER, K., PHILLIPS, C. (2008). **Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer?** Trends Food Science Technology, 19: 156–164.

MARÓSTICA, M. R., PASTORE, G. M. (2007). **Biotransformação do limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas**. Química Nova, 20 (2): 382-387.

MOUFIDA, S., MARZOUK, B. (2003). **Biochemical characterization of blood orange, sweet** orange, lemon, bergamot and bitter orange. Phytochemical, 62:1283–1289.

PONEZI, A. N., DUARTE, M. T. C., FILHO, B. C., FIGUEIREDO, R. F. (2005). **Análise da biodegradação dos componentes do óleo cítrico por CG/EM e análise da população microbiana de um reator de lodo ativado no tratamento de água residuária de uma indústria cítrica**. Engenharia Sanitária Ambiental, 10 (4): 278-284.

RIPLEY, L.E.; BOYLE, W.C.; CONVERSE, J.C. (1986) **Improved Alkalimetric Monitoring for Anaerobic Digestion of High-Strength Wastes**. Journal WPCF, 58: 406-411.

YAMANAKA, T. H. (2005). **Sucos cítricos: Série Produção mais limpa.** CETESB, Edição ISBN, 47 páginas. Disponível em: < www.cetesb.sp.gov.br >. Acesso em: 14/12/2014.

ZAIAT, M., CABRAL, A.K.A., FORESTI, E. (1994) **Reator Anaeróbio Horizontal de Leito Fixo para Tratamento de Águas Residuárias: Concepção e Avaliação Preliminar de Desempenho**. Revista Brasileira de Engenharia - Caderno de Engenharia Química, 11: 33-42.

CHARTTERJEE, T., BHATTACHARYYA, D.K. (2001). **Biotransformation of limonene by Pseudomonas putida.** Applied Microbiology Biotechnology, 55: 541–546.

CRANE, A., NELSON, W.O., BROWN, R.E. (1957). **Effects of D-limonene and a-D-pinene on in vitro carbohydrate dissimilation and methane formation by rumen bacteria**. Journal Dairy Science, 40:1317-1323.

CAPÍTULO 7

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 consequentemente 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 – VRP´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 paramentos entre a aplicação da formula 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).

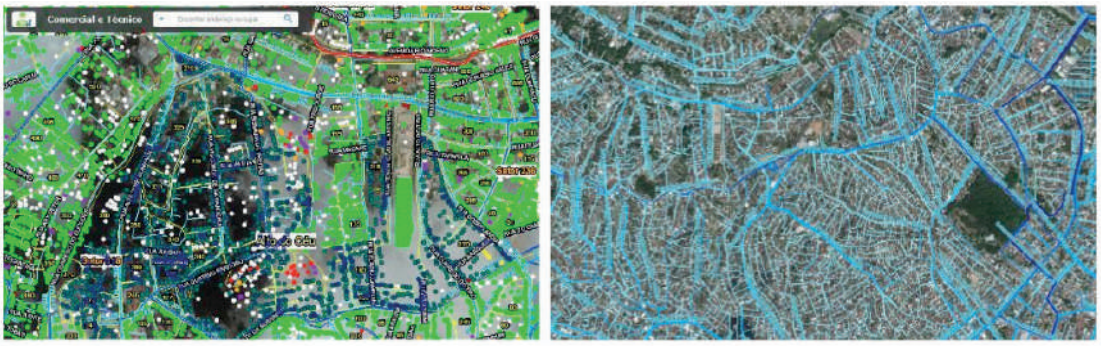


Figura 1 – População Atendida - Cadastro Técnico da Adutora e da Rede de Abastecimento.



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).

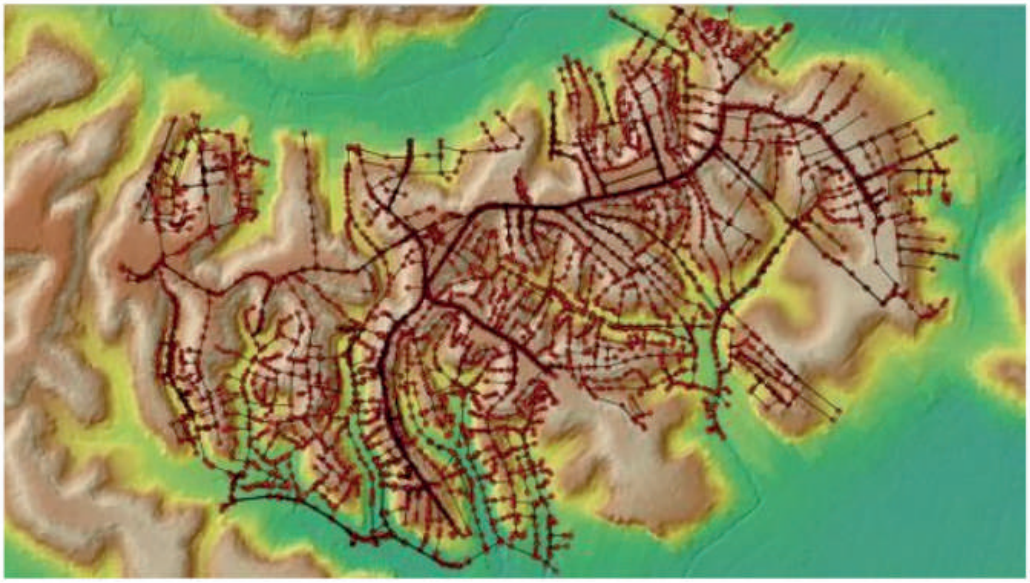


Figura 3 – Representação da Rede no QGIS com a utilização do MDT extraído do PE3D.

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).

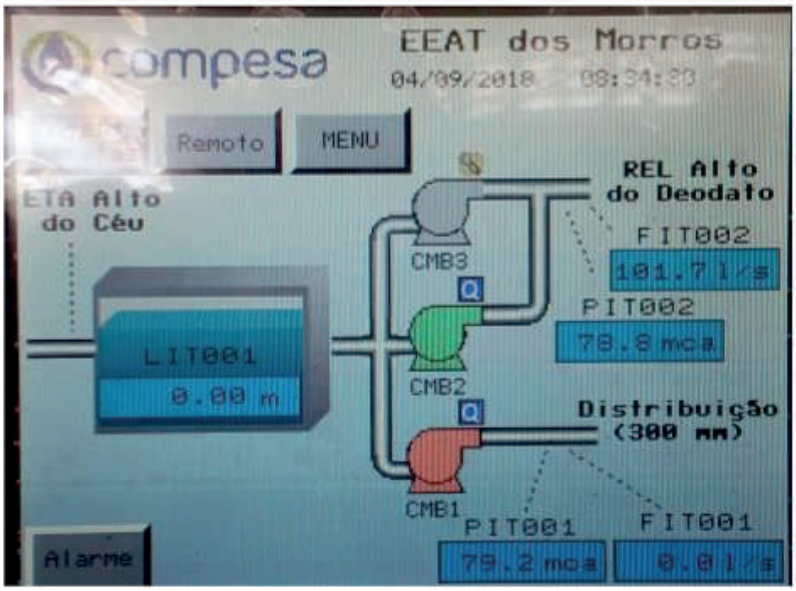


Figura 4 – Dados da Vazão e da Pressão das duas EE's do Sistema Alto do Céu.

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:

$q = C \cdot p^{y}$; 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.

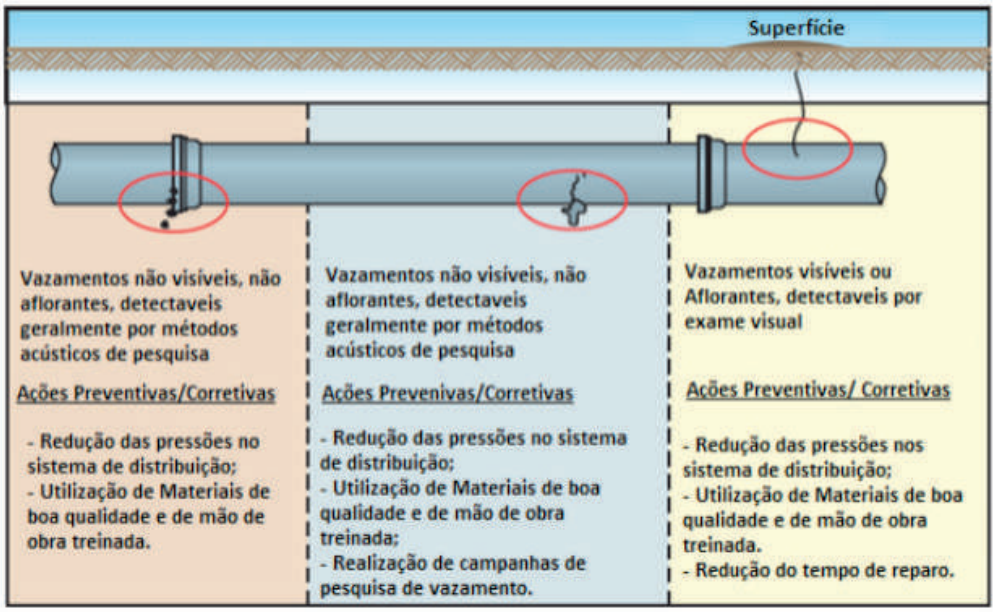


Figura 5 – Perdas em tubulações.

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

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

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

Para:

$Q_1 = q$ $\qquad\qquad$ $\mathbf{q = C.p^y}$

$P_1 = p$

$N_1 = y$

$C = Q_0/P_0^{N1}$

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 VRPs 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.

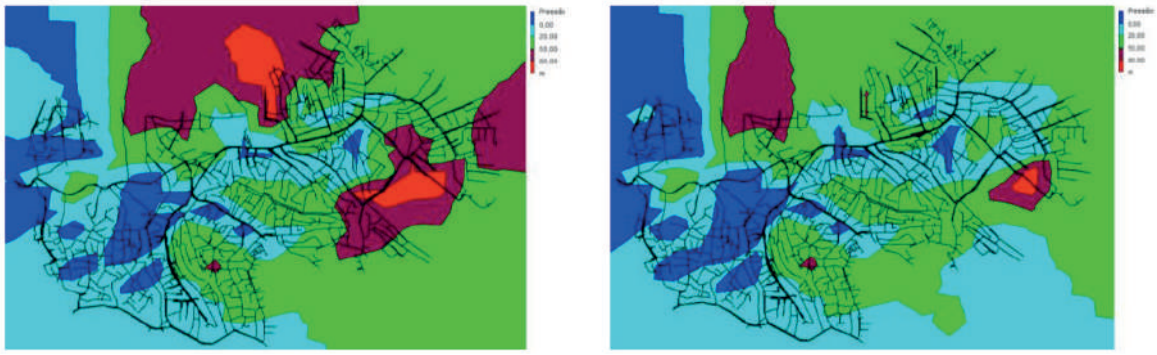


Figura 6 – Gráfico das Isolinhas de Pressão antes e depois do controle de pressão.

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^3/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.

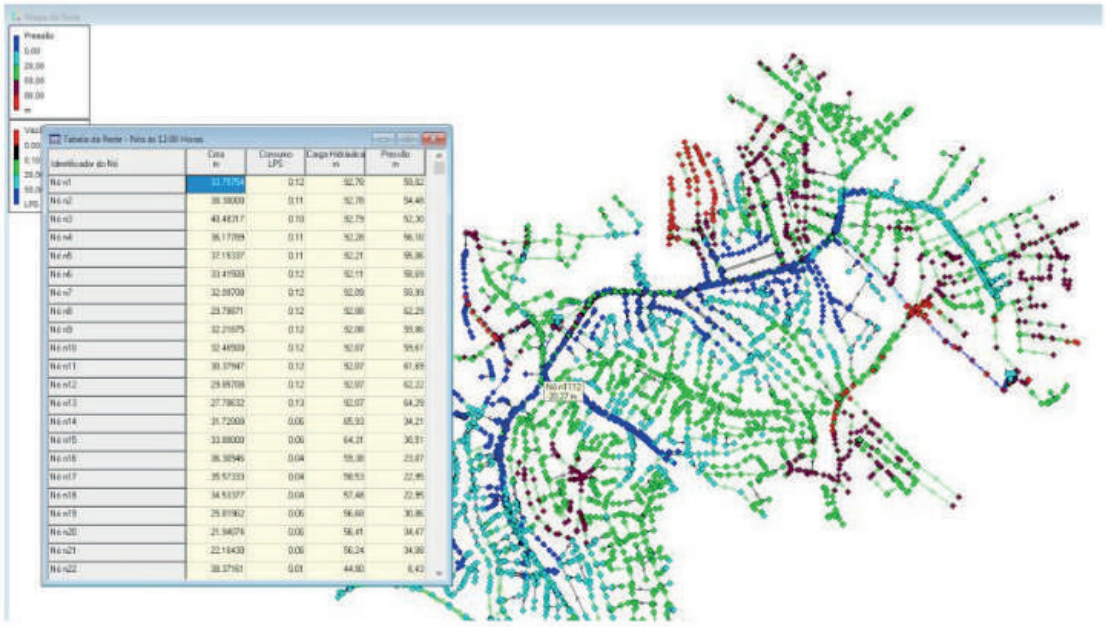


Figura 7 – Relatório de Consumo e Pressão dos Nós da área ALTO DO CÉU - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO/ÁREA 02 - ALTO JOSÉ BONIFÁCIO.

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

$Q = (K_1.K_2.q.P)/86.400$

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 x 1.596 = 5.586 habitantes

q = 120 l/hab/dia, para comunidades de pequeno porte (P ≤ 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 x 1,5 x 120 x 5.586)/86.400

Q = 13,97 l/s

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

Consumo = 109,64 l/s

$P_{MÉD}$ = 41,87 mca

Q_0 = Consumo – Demanda

Q_0 = 109,64 – 13,97

Q_0 = 95,67 l/s

P_0 = 41,87 mca

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

Consumo = 76,04 l/s

$P_{MÉD}$ = 30,09 mca

Q_1 = 76,04 – 13,97

Q_1 = 62,07 l/s

P_1 = 30,09mca

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

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

$Q_1 = Q_0.(P_1/P_{0)}^{N1}$

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 l/s

P_0 = 41,87 mca

P_1 = 30,09mca

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

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

Q_1 = 65,39 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^3/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: Analise 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.

TSUTIYA, 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.

TSUTYIA, 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.

CAPÍTULO 8

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

Data de aceite: 09/01/2020

Ana Carla Leite Carvalho
Engenheira Ambiental e Sanitária pela Universidade da Amazônia (UNAMA). Especialização em Gestão de Cidades e Sustentabilidade (NUMA/UFPA). Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano pela Universidade da Amazônia (PPDMU/UNAMA)
E-mail: calincarvalho@gmail.com

Leonardo Augusto Lobato Bello
Doutor (2004) e Mestre (1997) em Engenharia Civil pela PUC-RIO, com estágio Sanduíche na University of Newcastle, Inglaterra (2002).

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes
Graduado em Geologia (1996), Mestre em Geofísica (2000) e Doutor em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido (2005), sempre pela Universidade Federal do Pará (UFPA).

Marco Valério Albuquerque Vinagre
Graduado em Engenharia de Infra Estrutura Aeronáutica (Equivalente a Engenharia Civil segundo CONFEA) pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica(1982). Especialista em Planejamento e Gestão do Desenvolvimento Regional. Mestre em Engenharia Civil (Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Doutor em Engenharia de Recursos Naturais

RESUMO: O Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA), por englobar atividades potencialmente poluidoras, requer atenção para a proteção das águas subterrâneas. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo estudar a vulnerabilidade intrínseca das águas subterrâneas do local. Para tanto, foi aplicado o método GOD, o qual se baseia no estudo de profundidade de aquífero, sua condição de confinamento e a litologia da zona não saturada. Como fonte de dados foram usados os poços disponibilizados pela CPRM, por meio do SIAGAS. Os índices mostram que cerca de 70% da área apresenta vulnerabilidade baixa e que em 20% da área a vulnerabilidade é média. A principal justificativa para este contexto é a presença constante de argila disposta entre extratos arenosos. Conclui-se que a maior parte da área do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA) possui baixa vulnerabilidade, mas que ainda assim, as áreas de médias vulnerabilidades precisam de estudos mais detalhados para aumentar a segurança com as águas subterrâneas.
PALAVRAS-CHAVE: Águas Subterrâneas. Vulnerabilidade. GOD.

INTRODUÇÃO

A ocorrência de um polo industrial, por congregar diversas atividades potencialmente poluidoras, sempre deve estar associado a perspectiva de boas práticas ambientais.

Dentre estas, planejar a prevenção de possíveis acidentes que possam colocar as águas subterrâneas em condição inadequada ao consumo humano. Com esta compreensão este trabalho faz uma abordagem da vulnerabilidade natural das águas subterrâneas do Distrito Industrial de Icoaraci, na capital paraense, onde estão localizadas 31 empresas.

O local estudado possui grande riqueza de águas subterrâneas, cujos aquíferos Barreiras e Pirabas são os principais mananciais. Especificamente o aquífero Barreiras é objeto de análise neste trabalho, posto estar mais próximo a superfície e ser mais explotado.

O trabalho utilizou a base de dados pré-existentes do SIAGAS - CPRM (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – Serviço Geológico do Brasil), considerando os devidos ajustes, conforme SANTOS ET AL (2013).

O método mais frequentemente usado para promover estratégias para prevenir a contaminação da água subterrânea, tem sido o GOD (Groundwater occurance, Overall of lithology e Depth of groundwater), destaca-se o proposto por Foster e Hirata (1988) e rediscutido em FOSTER ET AL (2002). Tal método indica o índice e grau de vulnerabilidade natural do aquífero por meio de três variáveis (profundidade do nível da água, litologia da zona não saturada e tipo e grau de confinamento aquífero).

Uma das principais ferramentas para proteger as águas subterrâneas, prevenindo sua contaminação, consiste em conhecer a vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, a qual representa sua maior suscetibilidade a ser adversamente afetado por uma carga contaminante. Embora a relevância dessa atividade para o desenvolvimento econômico de determinada região, sua pratica intensa e de modo aleatório pode acarretar a contaminação das águas subterrâneas e a consequente proibição de seu uso em diversas atividades econômicas e ao consumo humano. Nesta perspectiva objetivo deste trabalho e mapear a vulnerabilidade natural dos aquífero do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA). Para tanto utilizou-se na etapa inicial foi empreendida uma seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis lito-construtivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

Em seguida, as posições dos poços foram plotadas em mapa para efeito de mostrarem melhor compreensão ao contexto. De posse deste mapa foram feitas

visitas de campo, para entendimento contextualizado dos elementos naturais e construtivos da área, cujas informações serviriam de suporte à fase de interpretação dos dados retirados do SIAGAS.

De posse dos relatórios fornecidos pelo SIAGAS, foi possível obter os dados de grau de confinamento, litologia da zona não saturada e profundidade do nível freático. Relevante informar que os dados nem sempre são de fácil identificação e seu respetivo cálculo. Assim, foi necessário a interpolação de parâmetros e dimensões, tal qual proposto com SANTOS ET AL (2013) e, somente após isto, estes dados foram ajustados e seus respetivos índices foram obtidos e em seguida o índice GOD foi calculado para o local de cada poço.

Todos estes dados foram consolidados em um novo banco de dados no software excel 2017. A partir de então os índices GOD foram plotados em mapa, com o uso do software ARC GIS. Estas informações serviram para análise integrada da vulnerabilidade intrínseca dos recursos hídricos subterrâneos locais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se a seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis lito-construtivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

Em seguida, as posições dos poços foram plotadas em mapa para efeito de mostrarem melhor compreensão ao contexto. De posse deste mapa foram feitas visitas de campo, para entendimento contextualizado dos elementos naturais e construtivos da área, cujas informações serviriam de suporte à fase de interpretação dos dados retirados do SIAGAS

A metodologia G.O.D, concebida por Foster & Hidrata (1988), permite a análise da susceptibilidade de um sistema aquíferos à contaminação através da vinculação entre três seguintes fatores:

G*roundwater hidraulic confinement:* grau de confinamento hidráulico, ou seja, sua natureza ou condição de confinamento, se confinado, semi-confinado ou livre;

O*verlaying strata:* tipos litológicos de estratos sobrejacentes ao meio saturado;

D*epth to groundwater table:* profundidade do nível d'água, ou lençol freático para aquíferos livres, corresponde à espessura não saturada sobreposta ao aquífero.

Dessa maneira, a quantificação desse índice de vulnerabilidade compreende 3 etapas:

1. Identificação do grau de confinamento hidráulico do Aquífero Barreiras na área de estudo e as atribuições correspondente de peso que varia de 0,0 a 1,0;

2. Definição dos caracteres litológicos da zona não saturada (peso entre 0,4 e 1), as quais foram obtidas, neste estudo, diretamente por dados de poços do SIAGAS. A atribuição de pesos de 0,4 a 1,0 é realizada mediante a ocorrência do tipo litológico em suas respectivas profundidades e avaliando-se sua predominância.

3. Identificação da profundidade do nível freático e atribuições de pesos que variam de 0,6 a 1,0.

Após as definições dos pesos referentes a cada parâmetro, o índice de vulnerabilidade G.O.D é calculado pelo produto desses três valores (G x O x D) em cada ponto examinado. Como resultado, tem-se magnitudes que variam de 0 a 1, os quais assinalam as classes de vulnerabilidade natural, de modo crescente, na forma a saber desprezível, baixa, média, alta ou extrema (figura 1).

O mapeamento da vulnerabilidade intrínseca à contaminação do aquífero pela metodologia GOD foi realizada levando-se em consideração dados dos perfis litológicos de poços do SIAGAS.

Desta forma, a metodologia GOD foi aplicada, no presente estudo, de maneira a utilizar dados de natureza litológicas dos perfis de poços do SIAGAS. Os pesos atribuídos a cada fator seguiram a descrição litológica nos perfis de poços e a respectiva magnitude apresentada no método em si, avaliando-se a preponderância de cada litologia em cada ponto. Desse modo, foi atribuído peso de 0,9 a 0,2 ao parâmetro G em todos os pontos, caracterizando a natureza predominante do semi-confinado do aquífero na área. Os pesos atribuídos ao fator O variam 0,18 a 1,4 de acordo com a descrição litológica e a predominância desses tipos em função de sua ocorrência nas espessuras não saturadas; e o peso variando de 0,2 a 0,9 foram imputados ao parâmetro D, de acordo com as espessuras não saturadas observadas nos dados.

Nesse contexto, efetuou-se um tratamento geoestatístico desses dados, conforme procedimento já relatados, a fim de mapear a distribuição dos mesmos e classificar a área em matéria de vulnerabilidade natural do aquífero à contaminação, de acordo com os critérios da metodologia.

A metodologia GOD apresentada resultados bastante satisfatórios em diversos contextos hidrogeológicos em termos de classificação de vulnerabilidade natural (Martinez-Batista *et al.,* 2010; Kemerich *et al.,* 2011; Fernandes *et al.,* 2014).

PRIMEIRA ETAPA: ESTUDOS EM LABORATÓRIO E CAMPO

Etapa inicial foi empreendida uma seleção de poços, inseridos no banco de dados da CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais) que é direcionado ao

SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e desenvolvido e mantido a partir de mapeamento e de pesquisa hidrogeológica em todo país, é composto por uma base de dados de poços permanentemente atualizada e de módulos capazes de realizar consultas, pesquisas, extração e geração de relatórios, com perfis litoconstrutivos disponíveis que contêm informações a respeito da espessura da zona não saturada e seus respectivos tipos litológicos e condição de confinamento. Na área de estudo foram levantados 40 poços.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

De posse dos relatórios fornecidos pelo SIAGAS, foi possível obter os dados de grau de confinamento, litologia da zona não saturada e profundidade do nível freático. Relevante informar que os dados nem sempre são de fácil identificação e seu respetivo cálculo. Assim, foi necessário a interpolação de parâmetros e dimensões, tal qual proposto com SANTOS ET AL (2013) e, somente após isto, estes dados foram ajustados e seus respetivos índices foram obtidos e em seguida o índice GOD foi calculado para o local de cada poço.

Todos estes dados foram consolidados em um novo banco de dados no software excel 2017. A partir de então os índices GOD foram plotados em mapa, com o uso do software ARC GIS. Estas informações serviram para análise integrada da vulnerabilidade intrínseca dos recursos hídricos subterrâneos locais.

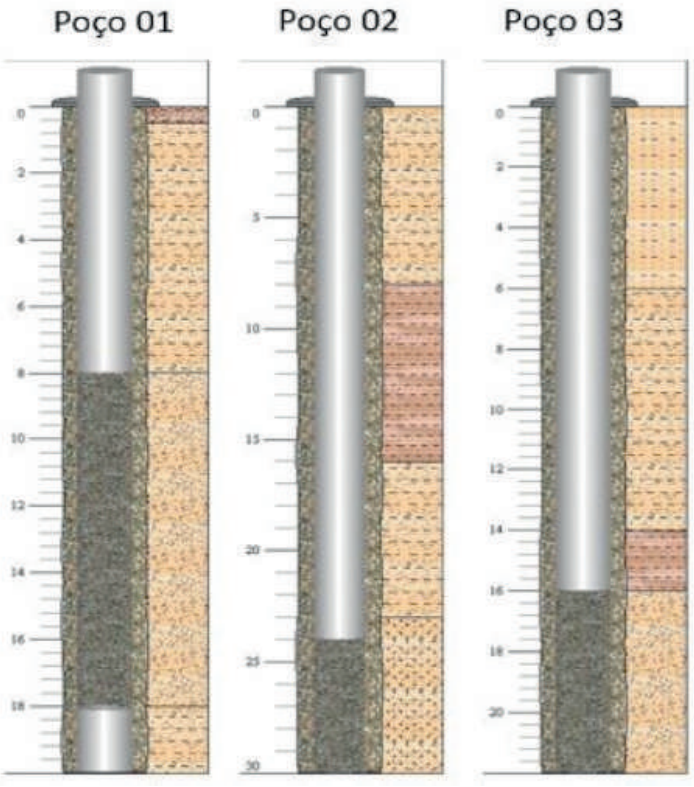


FIGURA 1 – Perfis litoconstrutivos de poços usados como base do estudo de vulnerabilidade.

Fonte: SIAGAS/CPRM

Para explicitar os resultados, os dados estão sendo apresentados a Tabela 1, a qual apresenta a sistematização de parte do banco de dados, onde estão expressos o número do poço, o código do poço na base do SIAGAS, as coordenadas geográficas, o grau de confinamento, a litologia da zona não saturada, a profundidade do lençol freático, o índice GOD e sua significância (vulnerabilidade).

POÇO	POÇO SIAGAS	COORD GEOGR.		TIPO AQUÍF(G)	LITOLOG(O)	PROF.(D)	VULNERABILIDADE
		LAT	LONG				
PO01	1500005665	011814	482850	0,9	0,55	0,8	MÉDIA
PO02	1500001015	011805	482712	0,9	0,6	0,9	ALTA
PO03	1500001025	011729	482742	0,9	0,57	0,8	INSIGNIFICANTE
PO04	1500001026	011712	482718	0,8	0,39	0,8	BAIXA
PO05	1500001036	011657	482717	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO06	1500001037	011717	482712	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO07	1500001038	011717	482711	0,8	0,183	0,8	BAIXA
PO08	1500001039	011721	482711	0,8	0,31	0,8	BAIXA
PO09	1500001040	011718	482713	0,4	1,4	0,8	MÉDIA
PO10	1500001041	011709	482715	0,8	0,55	0,8	MÉDIA
PO11	1500005664	011732	482741	0,4	0,45	0,4	BAIXA
PO12	1500005665	011729	482742	0,8	0,54	0,8	ALTA
PO13	1500005703	011654	482715	0,2	0,34	0,8	INSIGNIFICANTE
PO14	1500005714	011759	482655	0,2	0,2	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 15	1500005715	011800	482654	0,4	0,24	0,9	INSIGNIFICANTE
PO- 16	1500005716	011759	482654	0,4	0,4	0,9	BAIXA
PO- 17	1500005717	011755	482655	0,2	0,2	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 18	1500005719	011651	482726	0,9	0,68	0,9	ALTA
PO- 19	1500005765	011655	482636	0,4	0,502	0,8	BAIXA
PO- 20	1500006237	011722	482704	0,6	0,46	0,8	BAIXA
PO- 21	1500006431	011651	482718	0,6	0,46	0,8	BAIXA
PO- 22	1500006461	011726	482604	0,6	0,4	0,9	BAIXA
PO- 23	1500006538	011717	482710	0,6	0,49	0,8	BAIXA
PO- 24	1500006539	011731	482712	0,2	0,12	0,9	INSIGNIFICANTE
PO- 25	1500006540	011733	482711	0,6	0,52	0,8	BAIXA
PO- 26	1500006541	011735	482711	0,6	0,482	0,9	MÉDIA
PO- 27	1500006777	011729	482605	0,2	0,47	0,2	INSIGNIFICANTE
PO- 28	1500006793	011654	482655	0,2	0,56	0,2	INSIGNIFICANTE
PO- 29	1500007085	011723	482601	0,9	0,63	0,9	ALTA
PO- 30	1500007173	011729	482704	0,8	0,43	0,9	MÉDIA
PO- 31	1500007256	011755	482703	0,8	0,34	0,8	MÉDIA
PO- 32	1500007319	011730	482704	0,8	0,59	0,8	MÉDIA
PO- 33	1500007636	011652	482715	0,2	0,41	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 34	1500007798	011732	482711	0,8	0,77	0,9	ALTA
PO- 35	1500007799	011732	482710	0,2	0,48	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 36	1500007951	011739	482710	0,8	0,46	0,8	MÉDIA
PO- 37	1500007952	011738	482712	0,8	0,8	0,8	INSIGNIFICANTE
PO- 38	1500007953	011741	482711	0,9	0,9	0,9	MÉDIA
PO- 39	1500007957	011656	482653	0,9	0,45	0,9	MÉDIA
PO- 40	1500008460	011654	482631	0,9	0,45	0,9	MÉDIA

TABELA 01 – Sistematização do banco de dados para obtenção da vulnerabilidade da água subterrânea.

Fonte: os autores.

SEGUNDA ETAPA: APLICAÇÃO DO MÉTODO GOD

Neste item são mostrados os mapas que foram elaborados para cada parâmetro do método GOD: G – grau de confinamento; O – ocorrência do estrato de cobertura; e D – profundidade do aquífero. Estes permitiram uma análise de cada parâmetro do método, sendo possível a criação do mapa geral de vulnerabilidade.

O grau de confinamento (G) é fundamental para determinar a vulnerabilidade aquífera de uma região, pois é através da precipitação e posterior carreamento de sólidos pela água o contaminante pode possuir a capacidade de adentrar a zona não saturada.

O mapa do grau de confinamento apresenta classes ou faixas de valores (figura 5). As áreas **pretas** do mapa apresentam maior dificuldade em infiltração de possíveis contaminantes/poluentes, posto apresentarem localmente confinamento, cujas faixas variam de 0,2 a 0,43, que perfazem cerca de 5% da área (0,39 km^2). As áreas **acinzentadas**, com valores de 0,44 até 0,61, são aquelas que possuem possibilidades intermediárias de terem suas águas subterrâneas afetadas, posto serem semiconfindas, e correspondem a cerca de 42% da área (3,05 km^2). E as áreas **brancas** são as que apresentam maiores chances de infiltração, por serem não confinadas, cujos valores estão entre 0,62 a 0,9, e correspondem a cerca de 53% da área (3,785 km^2).

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

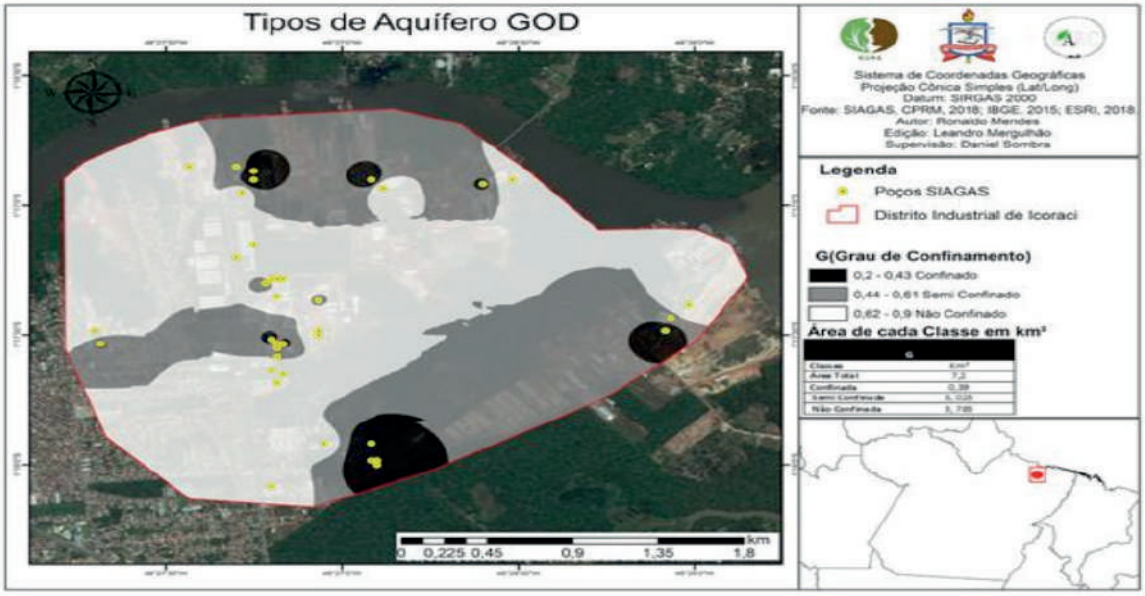


FIGURA 2 – Mapa do Grau de confinamento do aquífero (G), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora

Tão importante quanto para a avaliar a vulnerabilidade é a Ocorrência dos

estratos de cobertura (O). Estes são responsáveis por conter ou facilitar o fluxo de possíveis fluidos prejudiciais a qualidade das águas subterrâneas. Na área em estudo são frequentes as variações entre estratos argilosos, arenosos, areno-argilosos e argilo-arenosos (figura 6).

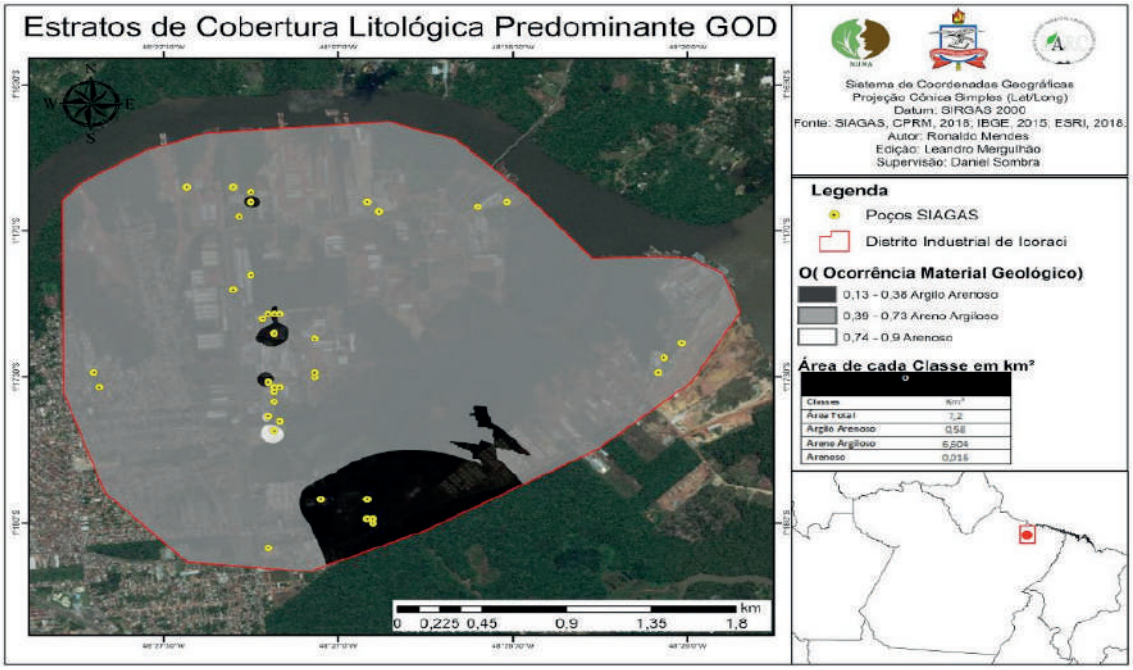


FIGURA 3 – Mapa da Ocorrência dos estratos de cobertura (O), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora

As faixas de variação revelam a heterogeneidade litológica da área. O mapa apresenta faixas mais suscetíveis a infiltração, faixas menos suscetíveis e faixas intermediárias. As áreas **pretas**, são as menos suscetíveis a percolação de fluidos, por serem constituídas por material argilo anenoso, cujos valores variam de 0,13 a 0,39, e perfazem cerca de 8% da área (0,59 km^2). As áreas **cinzas** têm suscetibilidade de percolação intermediária de fluidos, por serem constituídas por material areno argiloso, que apresentam faixas com de valores que variam de 0,39 a 0,73, e perfazem aproximadamente 92% da área (6,604 km^2). Já a área **branca** possui a pior situação quanto a infiltração de prováveis poluentes, pois é constituída por material arenoso, cujos valores variam de 0,74 a 0,9, e perfazem apenas 0,2% da área (0,016 km^2).

A profundidade do aquífero (D) é fator natural para o condicionamento da infiltração de qualquer fluido em subsuperfície. Assim, quanto maior a distância vertical entre a superfície e a água subterrânea, menos vulneráveis tais águas. Na área em questão (figura 7), as profundidades variam de 2,84 m a 23,05 m. Desta forma abrangem três faixas: de 0 a 5 m de profundidade, com área **branca** no mapa, perfazem a maioria da área (cerca de 80% e valores de 0,81 a 0,9); de 5 a 20 m, com

área **cinza** e com cerca de 20% da área e valores 0,61 a 0,8; e de 20 a 50 m, com área **preta** cerca de 1% da área.

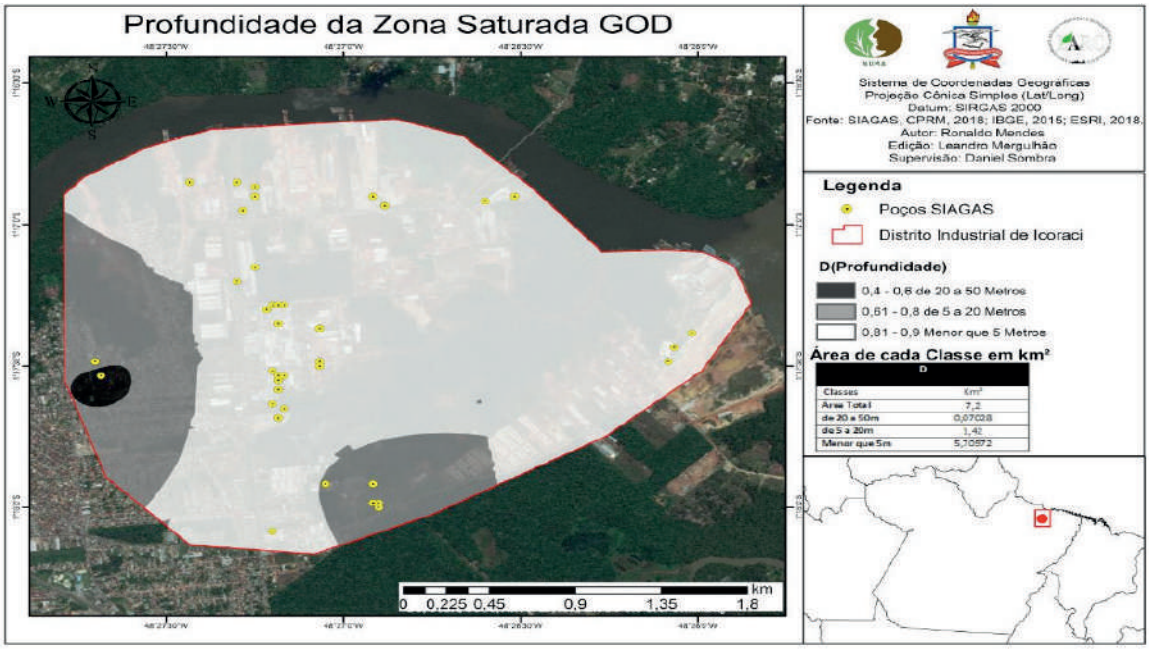


FIGURA 7 – Mapa de profundidade da água subterrânea (D), conforme a parametrização do método GOD.

Fonte: a autora.

Diante dos mapas apresentados (figuras 5, 6 e 7), é possível notar a variabilidade dos parâmetros levantados, o que naturalmente implica em heterogeneidade na vulnerabilidade, que se estende de insignificante, baixa, média e alta (figura 8).

Quando observada a vulnerabilidade da água subterrânea expressa em mapa, é possível identificar facilmente a predominância em área da **vulnerabilidade baixa** (**cinza escura**), em cerca de 75% da área (5,4 km^2, com valores entre 0,11 a 0,3). Em cerca de 23,1% da área (1,66 km^2) está presente a **vulnerabilidade média** (**cinza claro**) (valores de 0,31 a 0,5), especialmente na porção Sul-Sudoeste e também ocorre em porções isoladas. Pontualmente também são identificadas vulnerabilidades **insignificantes** (**preto**, com cerca de 2% da área – 0,11 km^2 e valores de 0,03 a 0,1) e **alta** (**branco**, com cerca de 0,4% da área – 0,03 km^2 e valores de 0,51 a 0,73).

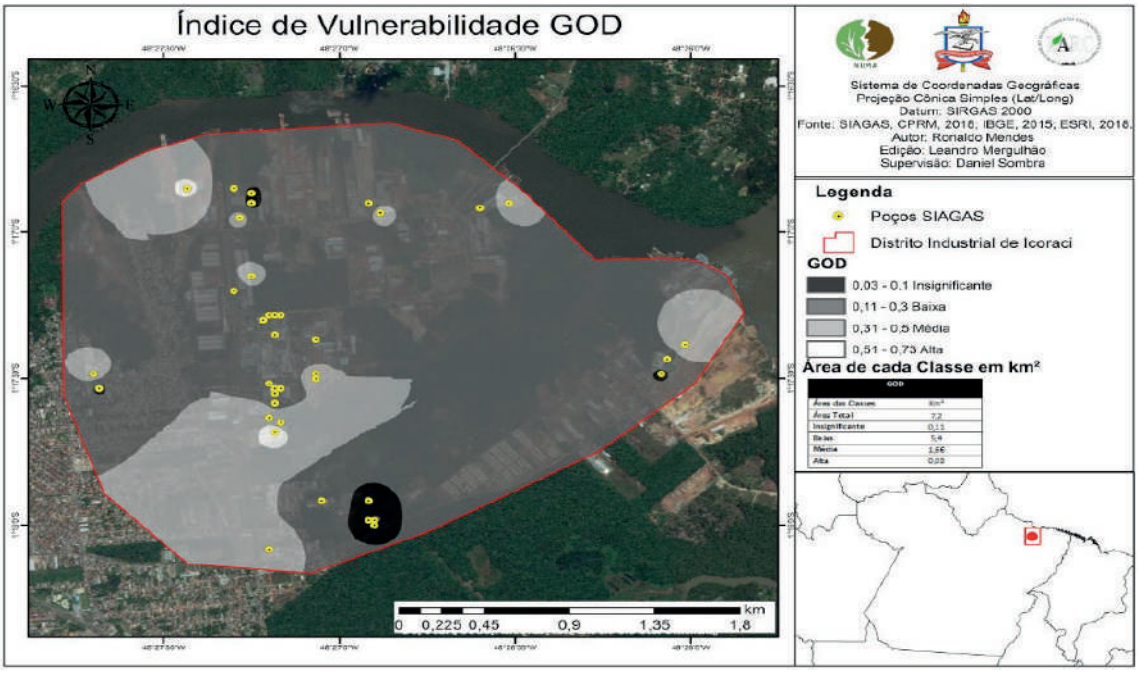


FIGURA 8 – Mapa do índice de vulnerabilidade da água subterrânea obtida a partir do método GOD.

Fonte: a autora.

A predominância da vulnerabilidade baixa está vinculada especialmente a presença de argila nos perfis (especialmente areno argilosa), elementos frequentes na formação Barreiras da região (ROSETTI 2006; ROSETTI EL AL 1989), que mesmo que não configure confinamento, tem grande importância na proteção as águas subterrâneas.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O estudo da vulnerabilidade intrínseca da água subterrânea do Distrito Industrial de Icoaraci (Belém-PA), mostra que cerca de 75% da área tem vulnerabilidade baixa e cerca de 23% apresenta vulnerabilidade média. Isto expressa que tal área apresenta condições favoráveis a destinação que lhe foi dada. Naturalmente, melhor seria que as áreas fossem de vulnerabilidade insignificante. Ainda assim, é preciso estar atento as áreas cuja vulnerabilidade é média.

Sabendo que o uso do método GOD se presta a identificação da vulnerabilidade em uma dimensão com pouco detalhamento, sugere-se que, especialmente as áreas de vulnerabilidade média, seja objeto de detalhamento por meio de aplicação de métodos mais sofisticados.

REFERÊNCIAS

1. FOSTER, S.; HIRATA, R. 1988**. Groundwater risk assessment, a methodology using available data. Pan American Heakth Organization.**

2. FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. World Bank, GWMATE. Washington, 101 p. 2002.

3. ROSETTI, D. F. **EVOLUÇÃO SEDIMENTAR MIOCÊNICA NOS ESTADOS DO PARÁ E MARANHÃO**. INPE ePrint. v1 2006.

4. ROSSETTI, D.F., TRUCKENBRODT, W.; GÓES, A.M. **Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na região bragantina, nordeste do Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Série Ciências da Terra)**, 1, p. 25-74, 1989.

5. **SANTOS, A. C. B.; MENDES, R. L. R.; SILVA, G. N.; TAVARES, A. N. VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS: UMA ANÁLISE DA APLI-CAÇÃO DO MÉTODO GOD COM A BASE DE DADOS SIAGAS**. Revista Águas Subterrâneas. III Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. 2013.

CAPÍTULO 9

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

Data de aceite: 09/01/2020

José Roberto Rasi
Universidade Federal de São Carlos – Mestrado em Estruturas e Construção Civil – São Carlos – SP

Roberto Bernardo
Universidade Federal de São Carlos – Doutorando em Engenharia de Produção – São Carlos – SP

Cristiane Hengler Corrêa Bernardo
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Coordenadora do curso de Administração – Doutorado em Ciências

RESUMO: Em muitas cidades brasileiras vem ocorrendo graves problemas relacionados à erosão hídrica que se inicia dentro do perímetro urbano, através de perda de solos, degradação de áreas urbanas ou em urbanização. No estado de São Paulo, a maior parte das cidades que estão instaladas em terrenos constituídos por solos de textura arenosa e relativamente profundos, apresenta erosão em suas áreas urbanas e de expansão urbana.

O presente trabalho pretende evidenciar os efeitos da erosão hídrica, a influência das características geomorfológicas, pedológicas e pluviométricas de um trecho do córrego Afonso XIII, que se inicia dentro do perímetro urbano, no município de Tupã, localizado na região oeste do estado de São Paulo. O trecho analisado recebe grande parte da carga pluviométrica da porção sul e oeste da cidade e apresentam erosão hídrica nas margens do córrego.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão hídrica, erosão urbana, degradação dos solos.

ABSTRACT: In many Brazilian cities has been occurring serious problems related to water erosion that beginning in the city limits, the slant of loss of soil degradation in urban areas or urbanization. In São Paulo, most of the cities that are installed on land composed of sandy textured soils and relatively deep, shows erosion in its urban and urban expansion areas.

This paper aims to highlight the effects of water erosion, the influence of geomorphological characteristics, soil and rainfall a stream excerpt Afonso XIII, which begins within the city, the city of Tupã, located in the western region of São Paulo. The analyzed section receives much of the rainfall load and southern portion west of the city and feature water erosion on stream banks.

KEYWORDS: Water erosion, urban erosion, soil degradation.

1 I INTRODUÇÃO

A urbanização traz consigo uma gama de desafios ambientais, tanto para o meio

ambiente local, regional e mais amplo, como resultado direto das mudanças bioquímicas e físicas aos sistemas hidrológicos. A perda em superfícies permeáveis reduz a infiltração no solo, enquanto que a introdução de drenagem artificial substitui vias naturais de escoamento. Esta combinação geralmente produz considerável efeito sobre a resposta hidrológica de uma área em relação às chuvas, tais como: resposta mais rápida, maior magnitude do fluxo do canal de escoamento, maior recorrência de pequenas cheias e reduzida recarga das águas subterrâneas. (MILLER et al, 2014).

Desta forma, uma determinada bacia hidrográfica passa a ter um aumento expressivo do volume escoado e das vazões de pico e também pela redução do tempo de concentração, provocando inundações e tendo como principal consequência o desenvolvimento da erosão hídrica como ravinas, voçorocas e erosão marginal (MONTES; LEITE, 2009). Na Figura 1 é possível identificar, de forma esquematizada, os efeitos para o meio ambiente decorrentes da urbanização, e que consequências podem ser sofridas quando não há a preocupação com a manutenção da sustentabilidade do ciclo hidrológico.

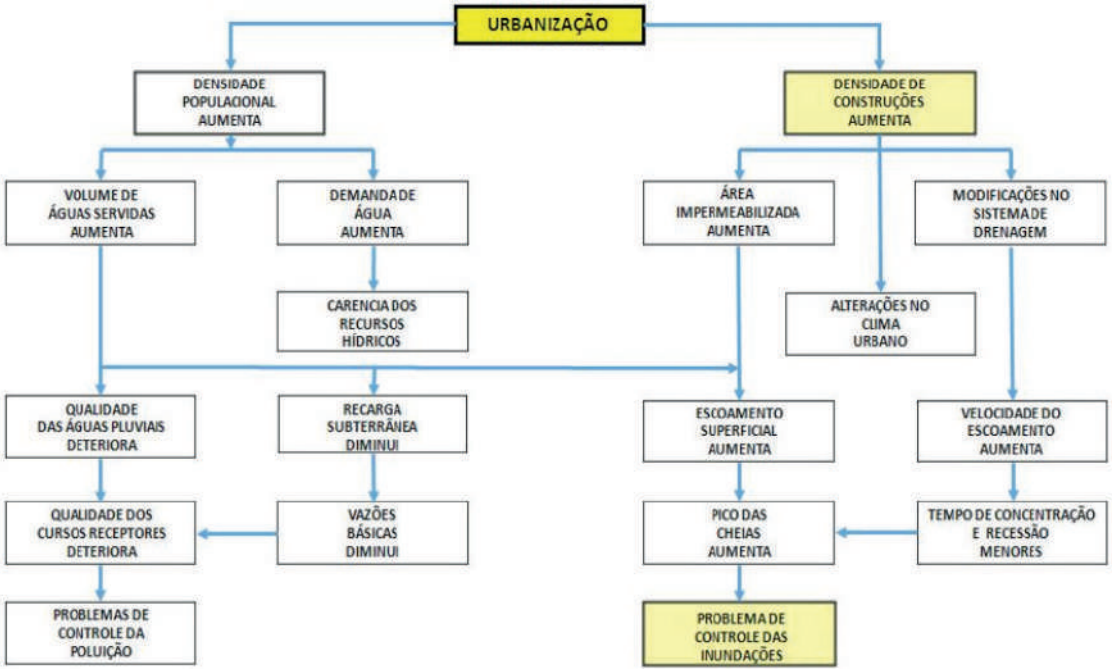


Figura 1 – Fluxograma de processos decorrentes da urbanização e impactos.

Fonte: BENINI, 2006, adaptado pelos autores.

Andreoli e Carneiro (2005) afirmam que:

> Na medida em que os padrões de uso e ocupação do solo promovem a impermeabilização da área de drenagem pluvial, a parcela da água que antes infiltrava no solo passa a escoar superficialmente atingindo os condutos de drenagem, aumentando o escoamento superficial e reduzindo o tempo de concentração da bacia hidrográfica. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pela vegetação, passa a escoar no canal, exigindo maior capacidade das seções transversais dos cursos d'água.

Um hidrograma hipotético típico de uma bacia natural e aquele resultante da urbanização são apresentados na Figura 2.

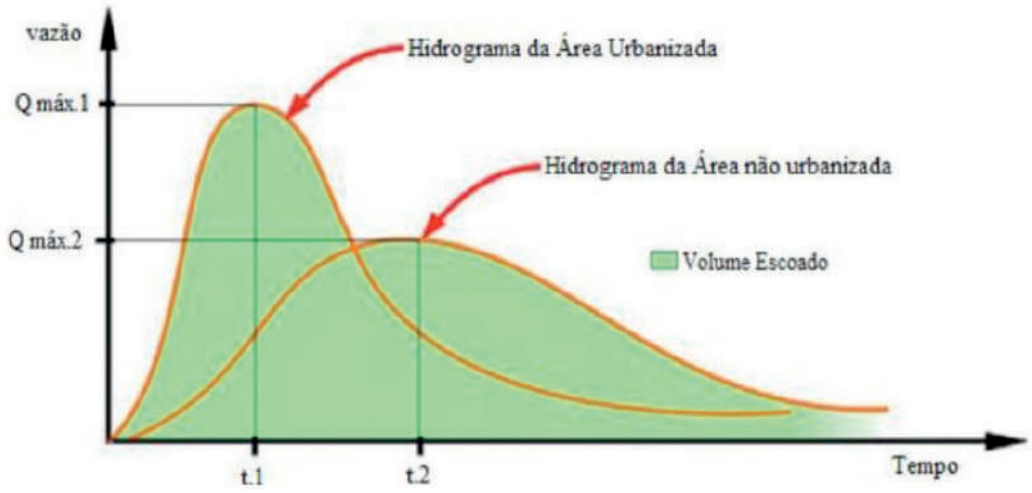


Figura 2 – Impacto da urbanização no hidrograma de cheias

Fonte: Andrade, 2006.

Nas últimas décadas, numerosos eventos de chuvas devastadores e sem proporções têm ocorrido em diversas regiões do planeta, tornando os sistemas existentes de drenagem urbana de controle de inundação insuficientes para as novas vazões requeridas, paralisando muitas cidades e resultando em enormes perdas econômicas, danos e mortes (ZHU et al, 2016).

A erosão acelerada do solo pode mesmo tornar-se mais grave em uma área urbana de alto crescimento populacional e intensidade elevada pluviosidade. O fenômeno assumiu dimensões destrutivas em muitas partes do mundo, especialmente no ambiente urbano (ADEDIJI; JEJE; IBITOYE, 2013).

Fundamentalmente, Marques (2013) afirma que:

> O processo de erosão hídrica é condicionado por fatores como: chuva (quantidade, intensidade, duração, tamanho da gota e altura de queda), natureza do solo, cobertura vegetal e topografia do terreno (declividade da superfície) e as variações nas taxas de perda de solo.
>
> Os desmoronamentos ou escorregamentos das margens de rios e canais é causado pela erosão fluvial. A erosão marginal, como um componente da erosão fluvial, é uma variável da dinâmica dos cursos d'água, definido como o recuo linear das margens, devido à remoção dos materiais do barranco (talude) pela ação fluvial (correntes, ondas) ou por forças de origem externa (precipitação).

Nesse sentido Almeida (2014) afirma que em ambiente úmido, de média à alta taxa de precipitação pluviométrica, os processos erosivos são mais intensos devido à potencialização da energia cinética do fluxo da água

> A erosão marginal é aquela que destrói as margens de um rio, desempenhando importante papel no aumento da largura do canal, contribuindo para o incremento da carga no fundo, desvalorizando terrenos ribeirinhos e limitando seu uso

adequado (BANDEIRA, 2005).

Os riscos de erosão no âmbito de muitas cidades brasileiras têm causado sérios problemas para a população, principalmente para quem habita nas áreas declinosas. No início, o processo tende a ser controlado por medidas que apenas adiam a gravidade do problema, tendo em vista que a erosão uma vez desencadeada, ao encontrar a condição que lhe favoreça, tende a aumentar consideravelmente (RAMALHO, 2010).

Lemos (2010) afirma que:

> Dentre os diversos riscos a que a sociedade está exposta a riscos recorrentes distinguidos entre os naturais, tecnológicos e sociais, o risco ambiental (Figura 3) está relacionado aos fenômenos climáticos e a sua forma de ser enfrentado se refere a ações de projeto e planejamento urbano sobre a redução da vulnerabilidade dos sistemas aos impactos desses riscos.

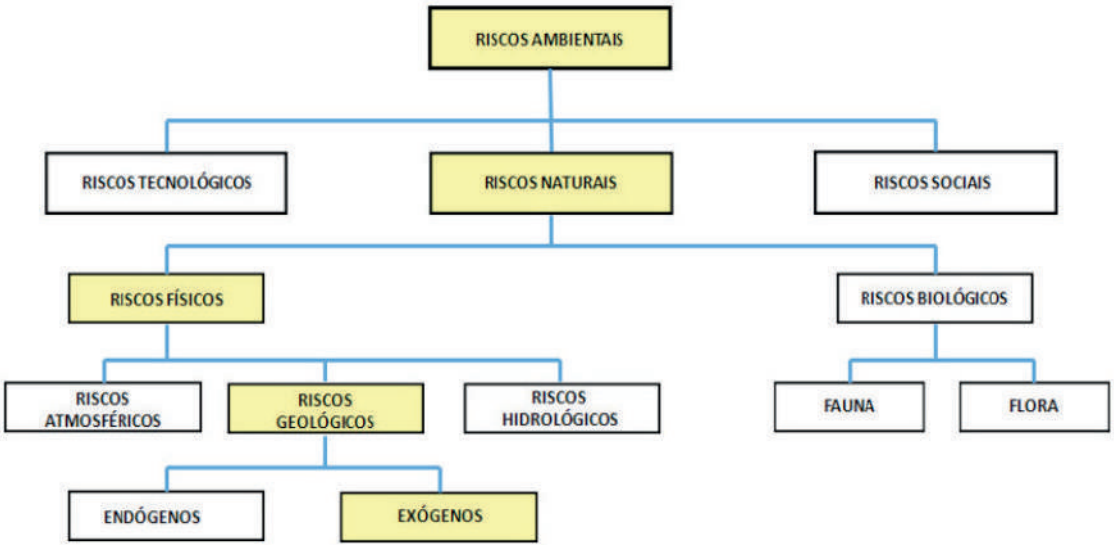


Figura 3 – Sistematização dos tipos de riscos segundo o Processo Causador

Fonte: Cerri, 1993, adaptado pelos autores.

As medidas de correção e/ou prevenção que visam a minimizar os danos das inundações são classificadas, de acordo com a sua natureza, em medidas estruturais e medidas não estruturais (CANHOLI, 2005). As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial evitando os prejuízos decorrentes das enchentes, enquanto que as medidas não estruturais são aquelas em que os prejuízos são reduzidos pela melhor convivência da população com as enchentes (BRUBAHER, 2016) e as medidas não estruturais caracterizam-se geralmente por ações que abrangem a bacia como um todo, e são destinadas à redução dos efeitos das inundações ou à adaptação dos habitantes das áreas atingidas para uma melhor convivência com a ocorrência periódica desses fenômenos. Essas medidas têm caráter predominantemente preventivo e dispensam a alocação de grandes quantias

de recursos financeiros para a execução das ações estruturais (OLIVEIRA, 2011). Na Figura 4 são apresentadas as diversas medidas de controle de enchentes.

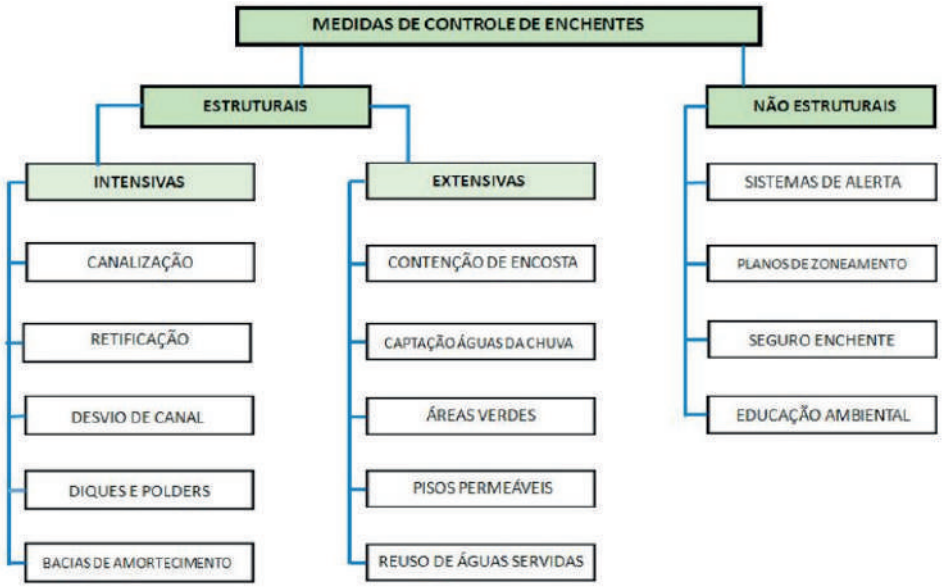


Figura 4 – Principais medidas estruturais e não estruturais no controle de enchentes

Fonte: Botelho, 2011, adaptado pelos autores.

2 I OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é avaliar os impactos ocasionados pela erosão fluvial no trecho entre a Rua Manoel Ferreira Damião e Rua Francisco Turra, do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII, no município de Tupã / SP e analisar a recente medida estrutural utilizada para a mitigação desse problema.

3 I METODOLOGIA DE PESQUISA E DE ANÁLISE

Para preencher os objetivos deste trabalho, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos.

a) Primeiramente, é feita uma revisão bibliográfica sobre os efeitos da urbanização sobre uma bacia hidrográfica e seus impactos, riscos ambientais, erosão hídrica, erosão marginal e medidas de controle de enchentes;

b) Posteriormente, foram feitos dois levantamentos de campo, com visitas no local, no intuito de fazer análise da situação antes das medidas de controle de enchentes e depois das medidas estruturais de controle de enchentes, utilizando equipamentos fotográficos, aparelho GPS de campo, para identificação e análises dos efeitos da erosão hídrica nas margens do canal de escoamento e as intervenções das medidas estruturais adotadas para sanar o problema. Foram verificados os registros de obra e projetos de macrodrenagem do local, no Departamento de Obras da Prefeitura da Estancia Turística de Tupã;

c) Finalmente, foi apresentado um estudo de caso, abrangendo os problemas existentes no trecho em estudo e as soluções estruturais adotados para mitigar os problemas de erosão marginal e assoreamento.

As características da área de estudos são detalhadas a seguir.

> Localizada a oeste do Estado de São Paulo, a Estância Turística Tupã faz divisa com os Municípios de Arco-Íris, Herculândia, Quintana, Quatá, Bastos, João Ramalho e Iacri. Está "localizado na latitude 21º 56' 05" Sul "e longitude 50º 30' 49" Oeste, no espigão formado por afluentes do Rio do Peixe e do Aguapeí (Rio Feio), pertencente as Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos - UGRHIs 20 e 21 (Figura 5).

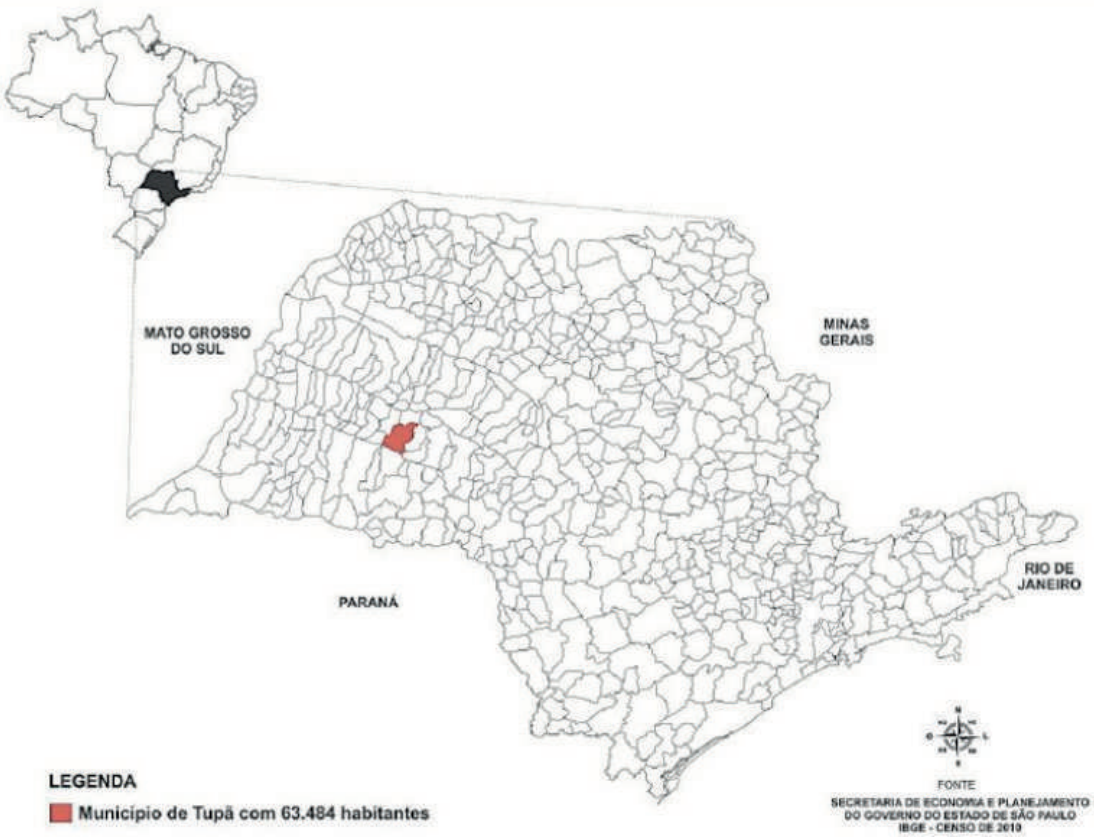


Figura 5 – Localização do município de Tupã / SP

Fonte: Benini, 2015.

A extensão territorial do Município de Tupã perfaz uma área de 627,986 km² (IBGE, 2015), que abrange os Distritos de Varpa, Distrito de Universo, Distrito de Parnaso e a cidade de Tupã. Como a maioria das cidades do Estado de São Paulo, o traçado urbano original foi orientado por uma morfologia, a qual pode ser identificada por quadrícula ou modelo nominado por tabuleiro de xadrez, conformando seu arranjo espacial (BENINI, 2015).

O ribeirão Afonso XIII, cujas nascente estão situados na região central do município de Tupã, é formado pelos braços esquerdo e direito. Apresenta extensão total de aproximadamente 17,5 km. O braço esquerdo (Figura 6) e o direito nascem

em região densamente urbanizada e seguem no sentido Norte do município até a confluência próximo à Rua Timborés, a partir daí o ribeirão Afonso XIII segue por região menos urbanizada, em direção ao norte até descarregar na margem esquerda do rio Iacri.

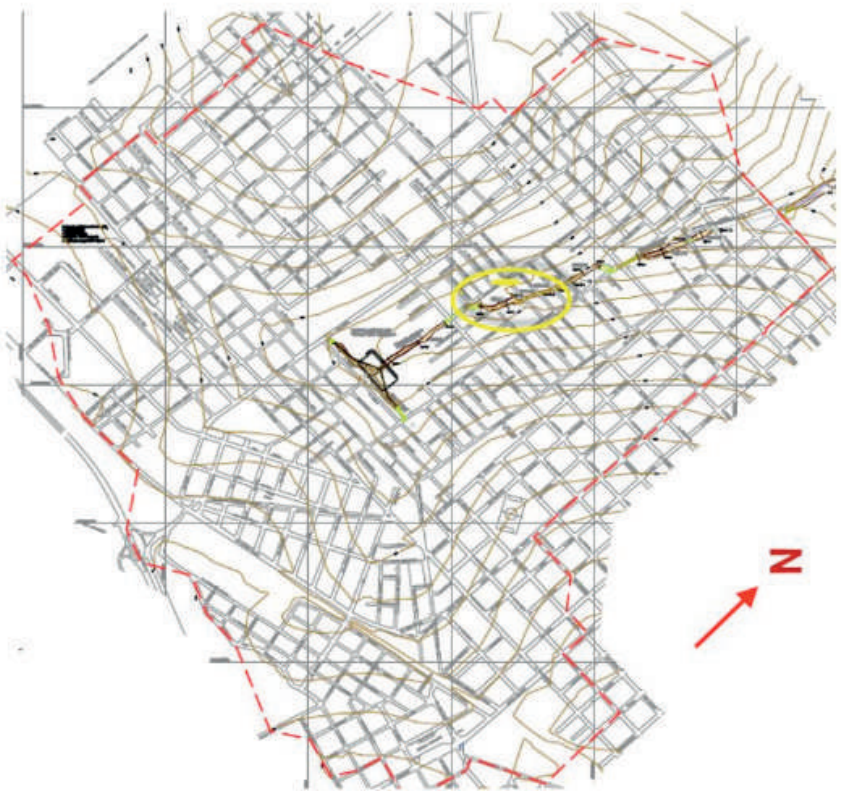


Figura 6 – Bacia hidrográfica do braço esquerdo do Córrego Afonso XIII

Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã, 2016.

A área de estudo deste artigo está delimitada entre as Ruas Manoel Ferreira Damião e Francisco Turra (Figura 7).



Figura 7 – Detalhe da área de estudo, entre as Ruas Manoel F. Damião e Francisco Turra

Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã, 2016.

4 I RESULTADOS

A visita inicial no trecho de estudo no braço esquerdo do córrego Afonso XIII foi realizada no dia 07 de julho de 2015, no período entre as 9:00h e 11:00h, iniciando na ponte da Rua Manoel Ferreira Damião em direção à Rua Seraphina Etelvina Pagliuso (Figura 8), onde localizam-se os principais efeitos da erosão hídrica das paredes do canal existente e assoreamento, seguindo posteriormente até a Rua Francisco Turra.



Figura 8 – Detalhe da área de estudo

Fonte: Google Earth (2016) – Adaptado pelos autores.

Os principais aspectos levantados *in loco* são citados nos itens 4.1 a 4.2.

4.1 Assoreamento

Foram localizadas algumas áreas de assoreamento ao longo do trecho percorrido. A principal área de assoreamento situa-se, aproximadamente a 35 m da Rua Manoel Ferreira Damião (Figura 9), composto predominantemente por entulhos provenientes de construção civil, demolições e desagregação de pavimentos urbanos.



Figura 9 – Assoreamento no córrego Afonso XIII – braço esquerdo

Fonte: Os próprios autores, 2015.

4.2 Erosão

Pode-se constatar erosão nas margens do córrego. A Figura 10 mostra o avanço da erosão na margem esquerda, atingindo as fundações de uma residência situada a Rua Manoel Ferreira Damião nº 787.



Figura 10 – Erosão na margem esquerda.

Fonte: Os próprios autores, 2015.

A figura 11 mostra a erosão na margem direita do córrego, na saída da ponte da Rua Manoel Ferreira Damião.



Figura 11 – Erosão na margem direita

Fonte: Os próprios autores, 2015.

Na segunda visita, realizada no dia 04 de julho de 2016, verificou-se que a municipalidade solucionou os problemas referentes à erosão da área estudada, com adoção de medidas de controle tipo estrutural, através de canalização e retificação do canal, utilizando de aduelas abertas de concreto pré-moldado, conforme mostram as figuras 12 e 13. Os aterros laterais, taludes de acabamento externos e plantio de grana, não estavam implantados.



Figura 12 – Canalização vista da Rua Manoel F. Damião.

Fonte: Os próprios autores, 2016.



Figura 13 – Canalização vista da Rua Ana Dias.

Fonte: Os próprios autores, 2016.

A Figura 14 mostra o trecho cananlizado do trecho em análise, durante chuva de média intensidade e duração, em 04/12/2015. Podemos observar que não foram executados os aterros laterais.



Figura 14 – Canalização vista da Rua Manoel F. Damião.

Fonte: Tupã Notícias, 2016 – Disponível em: http://www.tupanoticias.com.br/site/noticias/ver/noticia/6088/temporal-que-durou-cerca-de-meia-hora-provoca-alagamentos-em-ruas-de-tupa Acesso em 15/07/2016.

Os estudos hidrológicos do trecho urbano do córrego Afonso XIII foram realizados pela Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH (2008). A Figura 15 mostra o corte típico dos canais em aduelas de concreto pré-moldado projetado para as obras de macrodrenagem urbana de Tupã. O quadro 1 mostra as dimensões,

projetados, vazões e características dos canais projetados (parcial).

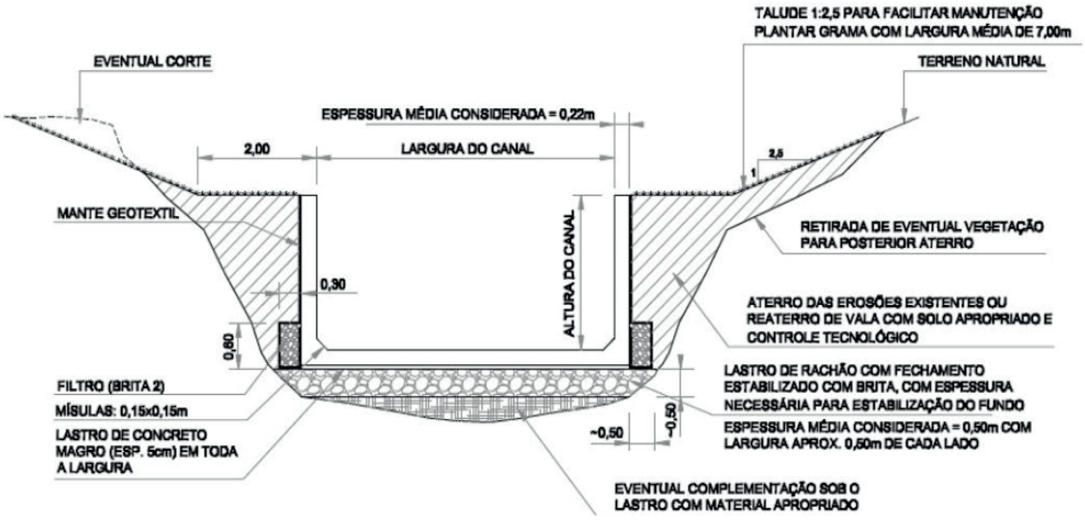


Figura 15 – Corte típico dos canais em aduelas de concreto pré-moldado.

Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã, 2016.

Trecho	Nó Inicial	Nó Final	Qmáx Inicial (m³/s)	Qmáx Final (m³/s)	Cap. de Desc. (m³/s)	Extensão (m)	Seção Tipo	Declividade (m/m)	Tipo de Canal e Revestimento
	Rua Miguel Guentus	N3		20,98	26,69	212,42		0,0147	Concreto Aduela aberta pré-moldada
ABE-1	Rua Brasil	N3 Saída Res. BE3	13,41	21,29	23,19	163,55		0,0111	Concreto Aduela aberta pré-moldada
	RESERV. BE3 Saída Res. BE3	N3 Saída Res. BE3	42,27	29,59	29,50	22,00		0,0040 * manter esta declividade	Concreto Aduela fechada pré-moldada
ABE-2	N3 Saída Res. BE3	N4 Estr.02 Rua Caiganga	44,54	32,61	36,11	248,92		0,0066	Concreto Aduela aberta pré-moldada
ABE-3	N4 Estr.02 Rua Caiganga	N4 Trav.02 - Rua Manoel Ferreira Damião	32,61	32,83	41,71	18,50		0,0121	Concreto Aduela fechada pré-moldada
ABE-4	N4 Trav.02 - Rua Manoel Ferreira Damião	N5 - Trav.03 Rua Francisco Turra	32,89	33,84	30,17	181,14		0,0023	Concreto Aduela aberta pré-moldada
ABE-5.1	N5 - Trav.03 Rua Francisco Turra	Trav.04 Rua Monhoz	33,84	33,90	75,29	42,88		0,0287	Concreto Aduela aberta pré-moldada

Quadro 1 – Canais projetados – intervenções.

Fonte: Prefeitura da Estância Turística de Tupã, 2016, modificado pelos autores.

5 I CONCLUSÕES

A metodologia adotada foi satisfatória para obtenção do objetivo proposto. Devido ao aumento de impermeabilização do solo, tanto pela pavimentação das vias trafegáveis como pela cimentação/vedação dos quintais das edificações situados dentro da bacia de contribuição hidráulica, contribuiu de modo significativo para o aumento da vazão das águas de chuvas escoadas através do trecho do córrego Afonso XIII, provocando incrementos de velocidade da agua no canal, erodindo as margens, assoreando o fundo e aumentando a largura, provocando danos as propriedades ribeirinhas.

Nota-se que devido à grande urbanização existente e com poucas áreas verdes disponíveis, que a adoção de medidas não estruturais não seria efetiva. A adoção de medidas de controle estrutural, com a canalização do braço esquerdo do córrego Afonso XIII, para o controle das enchentes e eliminação de riscos de desabamentos de taludes, foi o indicado, a curto prazo, para a estabilização das margens do canal deste trecho do córrego.

Para mitigar a grande vazão de águas pluviais, sugere-se que a Prefeitura da Estancia Turística de Tupã incentivasse a população utilizar cisternas de captação de águas pluviais, para reuso, através da criação de legislação especifica e campanhas de conscientização especifica.

REFERÊNCIAS

ADEDIJI, Aderemi; JEJE, L. K; IBITOYE, M. O. Urban development and informal drainage patterns: gully dynamics in Southwestern Nigeria. Applied Geography, v.40, p. 90-102. Elsevier, 2013.

ALMEIDA, Thiara Messias. Análise geossistêmica aplicada ao estudo da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio São João de Tiba, Bahia. Tese de doutorado. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

ANDRADE, Juliana Pontes Machado de. Previsão hidrometeorológica visando sistema de alerta antecipado de cheias. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

ANDREOLI, Cleverson Vitório; Carneiro, Charles. Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. 1ª Ed. Sanepar Finep. Curitiba, 2005.

BANDEIRA, Arilmara Abade. Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Sergipe. São Cristovão, 2005.

BENINI, Rubens Mirando. Cenários de ocupação urbana e seus impactos no ciclo hidrológico da bacia do córrego do Mineirinho. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

BENINI, Sandra Medina. Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem urbana: Estudo de caso da cidade de Tupã/SP. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.

BOTELHO, Rosângela Garrido Machado. Solos Urbanos. In: GUERRA, Antônio José Teixeira (org.). Geomorfologia Urbana. Bertrand Brasil. Rio de Janeiro, 2011.

BRUBACHER, João Paulo. Inundações e enxurradas, município de Esteio - RS. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

CANHOLI, Aluísio Pardo. Drenagem urbana e controle de enchentes. 1ª Ed. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2005.

CERRI, Leandro Eugenio da Silva.Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1993.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLOGICO DE HIDRAULICA. Estudos de Macrodrenagem Urbana da Estância Turística de Tupã. São Paulo, 2008.

MILLER, James Douglas *et al.* Assessing the impact of urbanization on storm runoff in a peri-urban catchment using historical change in previous cover. .Journal of Hydrology, v.515, p. 59-70. Elsevier, 2014.

MARQUES, Valter dos Santos. Erosão hídrica em microbacias utilizando geotecnologias. Tese de doutorado. Universidade federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

MONTES, Rafael Menegazzo; LEITE, Juliana Ferreira. A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos cenário atual da bacia do córrego Vaca-Brava Goiânia-GO. Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2009.

OLIVEIRA, Bruno Eduardo Nóbrega. Mapeamento, Identificação e Análise dos fatores relacionados aos processos erosivos no Distrito Federal (DF) – Ênfase nas voçorocas. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE TUPÃ. **Relatório de obras.** Secretária de Obras. Tupã, 2016.

RAMALHO, Maria Francisca de Jesus Lírio. Considerações sobre riscos de erosão na área urbana da Grande Natal / RN – Brasil. In: Riscos – Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2010.

ZHU, Zhihua *et al*. Approach for evaluanting inundation risks in urban drainage systems. Science of the Total Environment, v.553, p. 1-12. Elsevier, 2016.

CAPÍTULO 10

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

Data de aceite: 09/01/2020

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Engenharia Eletrica
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)
Recife - PE

Tiago Pontual Waked
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Engenharia Mecânica
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)
Recife - PE

Bruno Roberto Gouveia Carneiro da Cunha
Universidade de Pernambuco (UPE), Engenharia Mecânica
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)
Recife - PE

RESUMO: Este trabalho analisa uma empresa estadual de saneamento básico no estado de Pernambuco, comparando-a com os fatores que se considera como pilares para adequada manutenção eletromecânica, de forma a compreender o que se pode melhorar para atingir um nível de excelência. Por fim, busca extrair informação dos mantenedores para identificar os entraves, o grau de compreensão sobre a gestão da manutenção e do *status quo*. Verificou-se, então, que os itens que mais próximos da empresa de referência são: engajamento e motivação (82%), estrutura organizacional definida para o setor de manutenção (78,3%), Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva (66,57%). Enquanto que os itens mais distantes são: Sistema de custeio da manutenção (40%), Suprimentos de matérias (45%).

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da Manutenção; Manutenção Preventiva; Manutenção Evolutiva

DETERMINING FACTORS FOR EFFECTIVE ELECTROMECHANICAL MAINTENANCE MANAGEMENT IN A SANITATION COMPANY

ABSTRACT: This paper analyzes a state sanitation company in the state of Pernambuco, comparing it with the factors considered as pillars for proper electromechanical maintenance, in order to understand what can be improved to reach a level of excellence. Finally, it seeks to extract information from maintainers to identify barriers, the degree of understanding of maintenance management, and the status quo. It was found, then, that the closest items to the reference company were: engagement and motivation (82%), organizational structure defined for the maintenance sector (78.3%), Condition monitoring system - Preventive

Inspection and predictive (66.57%). While the most distant items are: Maintenance Costing System (40%), Material Supplies (45%).
KEYWORDS: Maintenance Management; Preventive maintenance; Evolutionary Maintenance

1 I INTRODUÇÃO

Os Serviços de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto (SAACE), em muitos países em desenvolvimento, apresentam-se bastante depreciados e muito distantes de atingir a universalização do atendimento (TUROLLA, 2002).

No Brasil, não é diferente, muitas das empresas que oferecem esses serviços têm mais de 40 anos de existência, as quais possuem sistemas produtivos depreciados o que torna muito mais difícil sua manutenção.

Quando se fala em manutenção em um SAACE, deve-se levar em conta os diversos aspectos técnicos e produtivos, nos quais esse serviço é essencial para a continuidade do atendimento.

É importante destacar que eles, normalmente, possuem em seus sistemas produtivos dispositivos eletromecânicos para garantir a operação e produção de água, tais quais motores, bombas e quadros de comando para os acionamentos.

Ao se comparar uma empresa que oferece os SAACE em abrangência regional, denominada neste trabalho de Empresa de Saneamento Básico Estadual (ESBE), com uma empresa industrial convencional, deve-se levar em conta os diversos aspectos que a diferencia, como os entraves inerentes à empresa pública (dificuldade em se substituir funcionários, aspectos licitatórios para adquirir serviços e materiais) e o deslocamento (custo/tempo) por ela ter a sua produção distribuída ao longo do estado.

Viana (2013), fez uma revisão na literatura sobre os fatores determinantes para uma boa gestão da manutenção, e chegou a conclusão dos seguintes itens:

Sistemas computadorizados de administração da manutenção;
Sistema de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM);
Sistema de custeio da manutenção;
Estrutura organizacional definida para o setor da manutenção;
Sistema de segurança no trabalho e saúde ocupacional;
Engenharia da manutenção;
Melhoria Contínua;
Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva;
Capacitação das pessoas da manutenção;
Suprimentos de matérias;
Integração da manutenção e operação;
Engajamento e motivação.

Este trabalho analisa uma ESBE no estado de Pernambuco, comparando-a com esses fatores, de forma a compreender o que se pode melhorar para atingir um nível de excelência. Por fim, busca extrair informação dos mantenedores para identificar os entraves, o grau de compreensão sobre a gestão da manutenção e do *status quo*.

2 I METODOLOGIA

O modelo utilizado para a obtenção do melhor entendimento para o tema se constituiu numa pesquisa descritiva, onde os dados são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados.

A metodologia para elaboração baseia-se em revisão da literatura para obter o benchmark sobre o tema, seguido de caracterização da instituição e do setor de manutenção eletromecânica de equipamentos de saneamento, com o intuito de comparar o nível de maturidade da gestão da manutenção.

Por fim, foi repassado aos líderes dos setores os 12 fatores determinantes da manutenção, solicitando que eles estabelecessem um ranking do mais importante para o menos importante, e depois o grau de distância da situação na empresa para o que eles acreditam ser a referência.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após questionário aos líderes da manutenção (08 no total), que envolveu técnicos, engenheiros e coordenadores envolvidos com a manutenção, no que foi inquirido sobre o quão próximo cada um dos itens estão do benchmark para uma indústria, verifica-se, pela Tabela 01, que todos os itens foram atendidos parcialmente, com o percentual de proximidade adequado, pelos motivos apresentados a seguir.

Destaque-se que os itens que estão mais próximos da empresa de referência são: engajamento e motivação (82%), estrutura organizacional definida para o setor de manutenção (78,3%), Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva (66,57%);

Entre os fatores mais distantes estão o Sistema de custeio da manutenção (40%), o que dificulta o processo de engenharia de manutenção, em identificar o ponto ótimo para adquirir equipamentos novos, ou de definir a melhor estratégia de manutenção.

Outro fator é o Suprimentos de matérias (45%), resultado esperado devido aos entraves que existe na empresa pública para o processo de aquisição de materiais para realizar a manutenção. Caso esse problema não seja acompanhado, pode provocar o sucateamento dos sistemas, bem como ociosidade das equipes.

ITEM	DESCRIÇÃO	MÉDIA(%)
01	Sistemas computadorizados de administração da manutenção;	53,33
02	Sistema de Planejamento e Controle da Manutenção (PCM);	53,33
03	Sistema de custeio da manutenção;	40,00
04	Estrutura organizacional definida para o setor da manutenção;	78,33
05	Sistema de segurança no trabalho e saúde ocupacional;	45,83
06	Engenharia da manutenção;	50,00
07	Melhoria Contínua;	60,83
08	Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva;	66,67
09	Capacitação das pessoas da manutenção;	65,00
10	Suprimentos de matérias;	45,00
11	Integração da manutenção e operação;	55,00
12	Engajamento e motivação.	82,50

Tabela 01 – Resultado do questionário sobre proximidade da manutenção prática em relação ao *benchmark*

Fonte: elaborado pelo autor;

Confrontando-se os resultados dos questionários com a análise qualitativa, advém os seguintes resultados:

3.1 Sistemas computadorizados de administração da manutenção

Em pesquisa realizada por Reis et al. (2013), 70% das empresas de grande porte da Região Metropolitana do Recife utilizam um software para a gestão da manutenção. No caso da ESBE, também é utilizado, neste caso do tipo Enterprise Resource Planning (ERP), que integra os diversos setores da empresa.

Destaque-se, porém, que esse tipo de sistema tem apresentado dificuldades para o mantenedor desde a gestão de ativos, bem como a de custos, e, por não ser exclusivo da manutenção, tem-se verificado problemas de relacionamento com os módulos de logística e suprimentos, bem como o contábil, que tem um tempo de resposta considerável para correções de problemas.

Desse modo, o resultado apresentado de 53,33% representa que, apesar de muito se ter avançado em relação ao tema, ainda há um considerável percurso, em especial no tocante a análise de informação, como relatórios e sistemas de custeio.

3.2 Sistema de Planejamento e Controle da Manutenção

Segundo Branco Filho (2008), o PCM consolida o ciclo de gerenciamento de manutenção pela implementação de diversas atividades, das quais destaca-se:

a) definir e manter indicadores de desempenho, fazer atualização dos planos de manutenção, fiscalização sistemática e não-sistemática dos planos de manutenções, organização do almoxarifado e dos sobressalentes, análises dos serviços planejados, programações e backlogs, histórico técnico estruturados dos equipamentos, máquinas e instalações.

No caso da empresa, há um núcleo de PCM que centraliza o controle das Ordens de Serviço corretivas, e PCMs independentes que fazem os planos de manutenção preventivas, preditivas e evolutivas (visto existirem sistemas ultrapassados). Já são utilizados alguns indicadores que representam a realidade da manutenção. Estes estão num processo de melhoria. Por fim, tem-se dificuldade em obter histórico técnico estruturado de forma automática, sendo ainda necessária demandar um tempo de pesquisa e análise para construí-lo.

A pesquisa apontou que na visão dos mantenedores, apesar de existe um PCM, ainda é possível avançar, visto o resultado de 53,33%. Em especial, identifica-se oportunidades de melhorias em geração e acompanhamento de indicadores, em unificação de PCMs, bem como acompanhamento de histórico de problemas para evolução do *status quo.*

3.3 Sistema de custeio da manutenção

De igual modo, devido à necessidade de ajuste entre o setor de suprimentos e contábil, não é automática a obtenção de custos por equipamento e unidade, ou mesmo tipo de manutenção, mas já há a visão da parte gerencial da necessidade, bem como um processo avançado de construção de relatório para obtenção deste resultado.

Tudo isso se reflete na percepção dos mantenedores, verificada no questionário, de 40% de proximidade da situação ideal.

3.4 Estrutura organizacional definida para o setor da manutenção

A empresa possui estrutura organizacional bem definida, conforme Figura 1, há uma gerência de manutenção metropolitana (GMM), à qual estão interligadas seis coordenações: Coordenação de Manutenção Elétrica (CME), Coordenação de Eficiência Energética (CEN), Coordenação de Poços do Interior (CPI), Coordenação de Poços Metropolitana (CPM), e a coordenação administrativa e financeira (CAF) e dois núcleos de staff, planejamento e controle da manutenção (PCM), núcleo de desenvolvimento e normatização da manutenção (NDM).

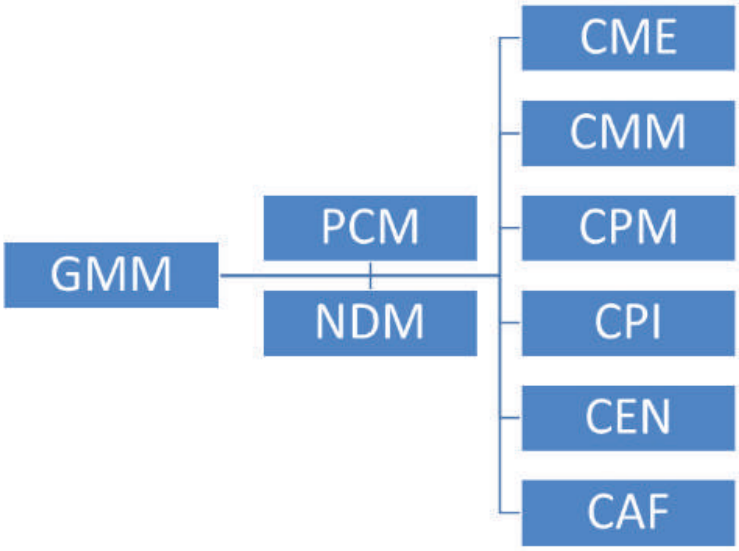


Figura 01 - Organograma do setor de manutenção

3.5 Sistema de segurança no trabalho e saúde ocupacional

No tocante à Segurança do Trabalho e saúde ocupacional, são efetuados exames periódicos dos funcionários, sempre há campanhas de vacinação e prevenção. Existe técnico dedicado exclusivamente ao assunto. Existe a formação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).

Há ainda alguns problemas de suprimentos, o qual atrasa o fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Coletivo (EPC). No entanto, tem havido um avanço, com maior celeridade no processo licitatório para um atendimento mais preciso. No entanto, para os mantedores é ainda grande a oportunidade de melhoria referente ao tema.

3.6 Engenharia da Manutenção

O processo de engenharia de manutenção ocorre de forma descentralizada nas coordenações. Já há acompanhamento dos equipamentos nas unidades, bem como a atividade de manutenções preventivas para melhorar a confiabilidade dos equipamentos. No entanto, toda análise consiste em análises predominantemente qualitativas.

3.7 Melhoria Contínua

Na empresa de saneamento, ocorre o processo de melhoria contínua não necessariamente por estar num processo avançado de manutenção, como afirma Wireman (1998), mas devido à própria necessidade de se atualizar padrões ultrapassados, ou modificações de paradigmas de manutenção, que, inevitavelmente, provocam paradas inesperadas.

3.8 Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva

De igual forma, o processo de manutenção preditiva e preventiva evoluiu consideravelmente nos anos recentes, de forma que todas as coordenações utilizam esse recurso com o uso de calendários, roteiros e sistema informatizado. Para isso, têm-se instrumentos adequados, tais quais câmaras termográficas, analisador de vibração.

3.9 Capacitação das pessoas da manutenção

É possível identificar a participação dos mantenedores e líderes em treinamentos e palestras. Apesar de os treinamentos gerenciais serem rotineiros, as capacitações da parte técnica normalmente são oriundas da identificação da necessidade de padronizar atividades ou processos, ou por oportunidades oferecidas por fornecedores. Raramente, ocorre de forma sistemática.

3.10 Suprimentos de matérias

Provavelmente, o maior problema para a ESBE é o suprimento de materiais. Por se tratar de empresa pública, é necessário atender à lei 8.666/93 e, mais recentemente, à Lei 11.638/2007. Por isso, muitas vezes, a demanda por estoque deve ser planejada em 06 meses antes de ocorrer, caso contrário o material deve ser comprado de forma emergencial, que também traz uma limitação de um quantum financeiro por grupo de material.

É fato que tem havido uma grande evolução nesse processo, com a utilização de Ata de Registro de Preço (ARP), obtenção de histórico de materiais que foram consumidos pela GMM no sistema informatizado, mas está ainda aquém do ideal. Fato esse comprovado pela pesquisa com 45%.

3.11 Integração da manutenção e operação

Para a manutenção em uma ESBE é essencial a integração entre operação e manutenção, visto que muitos problemas eletromecânicos são oriundos da má operação, bem como, o inverso, a operação depende, muitas das vezes, da manutenção para realizar seu serviço. Esse processo tem evoluído consideravelmente com reuniões para dirimir conflitos, treinamentos em sala e in loco, reunião com gerentes. No entanto, segundo a visão dos mantenedores, ainda está distante do ideal, 50%.

3.12 Engajamento e motivação

Outra grande dificuldade para a empresa pública é deixar os funcionários

engajados e motivados. Primeiro, pela dificuldade em realizar contratações, depois, de premiar os mais dedicados. Por fim, os próprios entraves inerentes da empresa, na aquisição de material, e de realização de melhorias para o sistema informatizado.

Apesar disso, a pesquisa aponta que os funcionários se encontram motivados e engajados segundo os líderes. A justificativa para tal situação

4 I CONCLUSÃO

Este estudo dedicou-se a analisar, de forma qualitativa, uma empresa de saneamento de abrangência regional no estado de Pernambuco, para verificar se os fatores necessários para uma boa gestão da manutenção são atendidos por ela.

Para isso, utilizou-se a pesquisa realizada por Viana (2013), na qual o autor identifica na literatura, doze fatores que contribuem para a excelência na gestão da manutenção. Ao compará-lo com o status quo da empresa, verificou-se que todos os itens são atendidos de forma parcial.

O principal entrave para atendê-los totalmente são identificados nas características de empresa de economia mista, como dificuldade de aquisição de materiais e equipamentos, em substituir funcionários desmotivados, demora do processo licitatório, impossibilidade de incentivos financeiros, falta de recursos humanos e materiais.

Desse modo, verificou-se ainda há fatores que estão muito aquém do ideal, como Sistema de custeio da manutenção (40%), o que dificulta aos tomadores de decisão na melhor forma de atender, ou de substituição por equipamentos novos, Suprimentos de matérias (45%), representado pelas dificuldades que a empresa pública tem de adquirir materiais adequados para execução do serviço.

Por outro lado, há fatores que estão bastante avançados, tais quais engajamento e motivação (82%), estrutura organizacional definida para o setor de manutenção (78,3%), Sistema de monitoramento das condições – Inspeção preventiva e preditiva (66,57%);

Esses resultados podem ser utilizados como instrumentos para o direcionamento dos esforços e recursos para a evolução da manutenção eletromecânica na empresa.

REFERÊNCIAS

BRANCO FILJO, F. G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro, Ciência Moderna, 2008.

REIS, Ana Carla Bittencourt; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas; ALMEIDA, Adiel Teixeira. Diagnóstico da gestão da manutenção em indústrias de médio e grande porte da região metropolitana de Recife. **Produção**, vol.23, no.2, p.226-240, ISSN 0103-6513, Jun 2013.

TUROLLA, F. A. **Política de saneamento: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas**. Brasília. Ipea, 2002.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Fatores de Sucesso para Gestão da Manutenção de Ativos: um modelo para elaboração de um plano diretor de manutenção.** Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRG. Porto Alegre – RS, 2013.

WIREMAN. T. **Development Performance Indicator for Managing Maintenance**. New York: Industrial Press, 1998.

CAPÍTULO 11

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

Data de aceite: 09/01/2020

Flávia Oliveira Della Santina
Arquiteta e Urbanista pela Universidade São Francisco. Especialista em regulação de fiscalização de serviços públicos na Arsesp.
E-mail: fsantina@sp.gov.br

Rodolfo Gustavo Ferreras
Engenheiro civil, com experiência em operação e gestão de serviços de saneamento básico. Atualmente Superintendente de fiscalização de serviços de saneamento na Agência Reguladora de saneamento e energia do estado de São Paulo (ARSESP).

RESUMO: Em 2016 foi desenvolvido o planejamento estratégico da área de fiscalização de saneamento, em forma participativa por todos os empregados da área, onde foram apontados 43 pontos de melhorias ao processo de fiscalização, entre eles a reformulação da metodologia da fiscalização técnico-operacional. O produto desse planejamento foi uma reestruturação do modelo de fiscalização técnico operacional da agência de regulação e fiscalização de saneamento do Estado de São Paulo - Arsesp, separando as fiscalizações em remota ou indireta e campo ou direta e foi adotado pela agência ciclo de fiscalização de 03 (três) anos.

PALAVRAS-CHAVE: Fiscalização, Fiscalização direta, Fiscalização indireta, planejamento, indicadores.

INTRODUÇÃO

A Arsesp, Agência Reguladora de Saneamento e Energia do Estado de São Paulo, é uma autarquia de regime especial, vinculada à secretaria Estadual de Governo, criada pela Lei Complementar 1.025/2007 e regulamentada pelo Decreto 52.455/2007, com o objetivo de regular, controlar e fiscalizar, no âmbito do Estado, os serviços de gás canalizado e, preservadas as competências e prerrogativas municipais, de saneamento básico de titularidade estadual.

A Diretoria de Saneamento regula e fiscaliza 308 municípios sendo que em 306 os serviços são prestados pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP); o município de Santa Gertrudes possui seus serviços prestados pela BRK AMBIENTAL (*) e o Município de Mairinque pela SANEAQUA (*) conforme mapa demonstrativo, Figura 1.

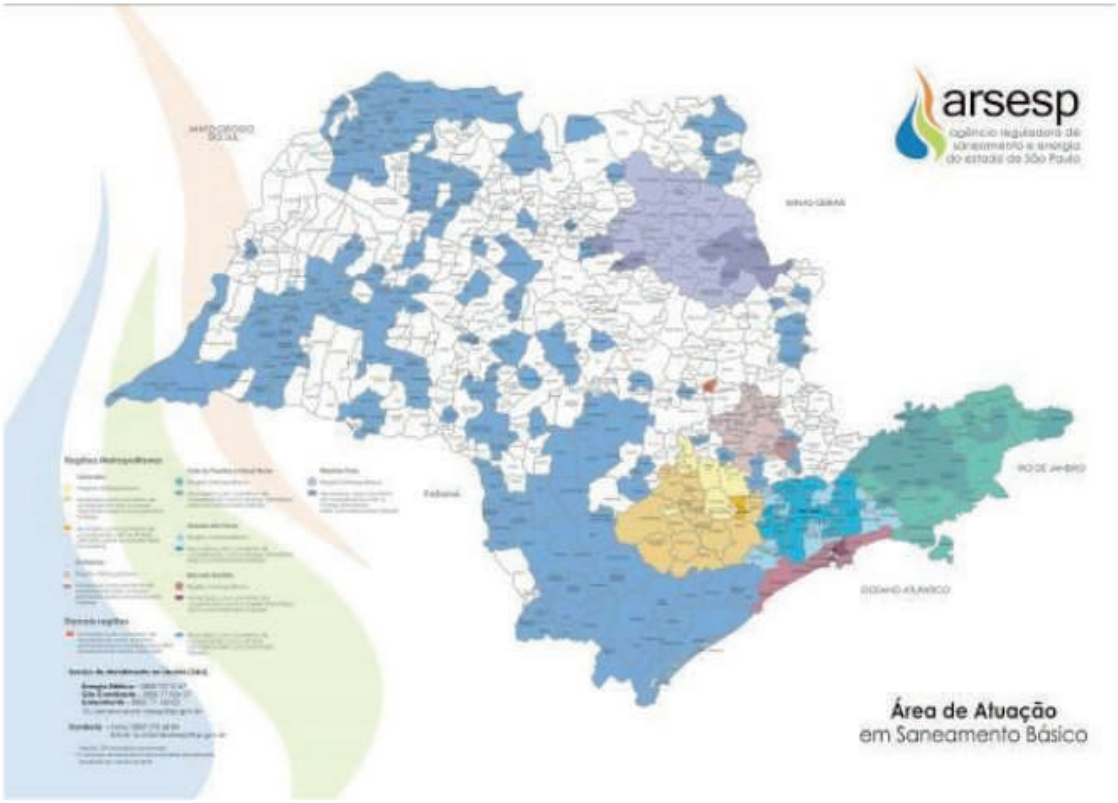


Figura 1 – Mapa dos municípios conveniados (Arsesp, 2019).

A superintendência de fiscalização de saneamento conta hoje com 16 especialistas responsáveis pela fiscalização de todos os municípios conveniados, portanto, para um resultado efetivo na fiscalização dos serviços de saneamento a Superintendência de Fiscalização necessitava de um planejamento estruturado que desse conta de atender a demanda de obrigações e que conseguisse lidar com as adversidades, identificar os desafios, reconhecer as deficiências e limitações próprias do negócio e seus pontos fortes.

A quantidade de municípios fiscalizados apresenta uma média de 19 a 20 municípios por especialista responsáveis pela fiscalização dos serviços de saneamento, em decorrência disso verificou-se a necessidade de um planejamento estruturado das fiscalizações assim como um modelo de gestão efetivo na área, com o intuito de atingir os objetivos da área.

O trabalho descreve os processos de revisão e melhorias na fiscalização de saneamento e pretende demonstrar o resultado positivo na aplicação de ferramentas de gestão e os benefícios de realização de um planejamento estruturado e participativo a curto e médios prazos.

O desenvolvimento desse trabalho contou com o apoio e a participação de todos os empregados da área de fiscalização de saneamento da Arsesp.

MATERIAIS E MÉTODOS

As fiscalizações de saneamento são classificadas quanto ao tipo, periodicidade, método e escopo da seguinte maneira:

TIPO	PERIODICIDADE	MÉTODO	ESCOPO
Técnico operacional	Periódica (programada)	Campo	Sistema de abastecimento de água
Comercial	Específica (quando há alguma eventualidade)	Remota	Sistema de esgotamento sanitário
Contratos			Investimentos/ PMSB

Tabela 1 – Tipos de fiscalização técnico operacional

Durante o processo de planejamento e reformulação da metodologia de gestão da fiscalização foram levantados por todos os especialistas os possíveis pontos de melhoria, dentre eles foram verificadas que não havia equilíbrio entre a distribuição das fiscalizações, demora na elaboração de documentos, falta de controle global dobre as não conformidades apontadas, entre outros.

Para otimizar o trabalho de fiscalização foram definidos alguns pontos que visavam melhorar os aspectos apontados pela equipe, entre eles foram elencados os seguintes itens:

Distribuição equilibrada do número de fiscalizações por especialista

Otimização do tempo em viagens e logística de fiscalização

Programação anual antecipada das fiscalizações

Agilizar a elaboração dos documentos de fiscalização (Relatórios, laudos, etc.)

Após o levantamento desses 04 (quatro) principais itens foram estabelecidos parâmetros para estabelecimento de metas dos trabalhos da fiscalização, tomando as seguintes estratégias:

Classificar os municípios para definir o planejamento das fiscalizações

Implantar sistema de pontuação para divisão das fiscalizações programadas por fiscais

Separar o escopo de fiscalização entre campo (direta) e remota (indireta)

Realizar fiscalização remota anualmente em todos os municípios

Realizar fiscalização de campo em todos os municípios em um ciclo de 03 (três) anos

PRIMEIRA ETAPA: CLASSIFICAÇÃO DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO POR MUNICÍPIOS

A primeira etapa do planejamento das fiscalizações foi a classificação de todos os municípios regulados, que não fazem parte da região metropolitana. Para isso foi definido alguns indicadores de acordo com os dados que a Arsesp já possuía da

prestação dos serviços fiscalizados.

Para classificação da prestação dos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto foram utilizados os seguintes indicadores:

GRUPO DE INDICADORES	INDICADOR	
INDICADORES CONTRATUAIS (IC)	IC-CAA	Cobertura de Agua
	IC_CES	Cobertura de Esgoto
	IC_ITE	Tratamento de Esgoto
	IC_IPH	Perdas
	IC_IQA	IDQAD/ ICAD
INDICADORES GEOGRÁFICOS (IG)	IG_POP	População Fonte IBGE Estimada 2015
	IG_INS	Número de instalações
	IG_EAA	Quantidade de ligações ativas de água
	IG_EAE	Quantidade de ligações ativas de esgoto
INDICADORES DE PROCESSO (IP)	IP_DAA	Disponibilidade de Água
	IP_IPF	Instalação por funcionário
	IP_CTA	Capacidade de produção de água
	IP_CTE	Capacidade de tratamento de esgoto
INDICADORES DE REGULAÇÃO (IR)	IR_NCA	Quantidade de não conformidades apontadas
	IR_NCN	Quantidade de não conformidades abertas
	IR_NCI	Índice de não conformidades
	IR_NCD	Classificação dos serviços de saneamento
	IR_NCC	Classificação das não conformidades
	IR_NCS	Solução das não conformidades pela operadora
INDICADORES DE SERVIÇO (IS)	IS_SAU	Reclamações do SAU x ligação
	IS_INC	Incidentes x ligação

Tabela 2 - indicadores utilizados para classificar os serviços por município

Os dados usados para cálculos dos indicadores acima são referentes ao ano de 2016 e sobre o histórico das fiscalizações de 2011 (ou data da assinatura do contrato se posterior) até 2016, encerrando nesse ano o primeiro ciclo de fiscalização.

Indicadores contratuais (IC) – Foram utilizados para os indicadores contratuais o índice de atendimento da meta em relação a meta, conforme **Tabela 3**, permitindo assim que fosse possível a comparação de metas entre todos os municípios conveniados

Cálculo dos indicadores contratuais:

"IC = 3("nota IC_CAA") + 3("nota IC_CES") + 3("nota IC_ITE") + 3("nota IC_IPH") + 2("nota IC_IQA)"

INDICADORES CONTRATUAIS (IC)		
Indicador		**Forma de cálculo**
Cobertura de água	IC_CAA	$\frac{VRE_CAA}{META_CAA}(\%)$ Onde: VRE_CAA – Índice de cobertura de abastecimento de água META_CAA – Meta contratual de cobertura de abastecimento de água
Cobertura de esgoto	IC_CES	$\frac{VRE_CES}{META_CES}(\%)$ Onde: VRE_CES – Índice de cobertura de esgoto META_CES – Meta contratual de cobertura de esgoto
Tratamento de esgoto	IC_ITE	$\frac{VRE_ITE}{META_ITE}(\%)$ Onde: VRE_ITE – Índice de tratamento de esgoto META_ITE – Meta contratual de tratamento de esgoto
Perdas	IC_IPH	$\frac{VRE_IPH}{META_IPH}(\%)$ Onde: VRE_IPH – Índice de perdas hídricas META_IPH – Meta contratual de perdas hídricas
IDQAD/ ICAD	IC_IQA	VRE_IQA Onde: VRE_IQA – IDAQAD ou ICAD

Tabela 3 – Indicadores contratuais (IC)

Indicadores geográficos (IG) – Os indicadores geográficos foram utilizados com o intuito de classificar os municípios de acordo com o tamanho e a complexidade dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Cálculo do indicador geográfico:

"IG = 2("nota IG_POP") + 3("nota IG_INS") + ("nota IG_EAA") + ("nota IG_EAE")"

INDICADORES GEOGRÁFICOS (IG)		
Indicador		**Forma de cálculo**
População Fonte IBGE Estimada 2015	IG_POP	IG_POP
Número de instalações	IG_INS	IG_INS
Economias ativas de água	IG_EAA	IG_EAA
Economias ativas de esgoto	IG_EAE	IG_EAE

Tabela 4 – Indicadores geográficos (IG)

Indicadores de processo (IP) – Para os indicadores de processo foram levados em consideração o índice de aproveitamento das estruturas de tratamento assim como a capacidade de operação do sistema.

Cálculo do indicador de processo:

"IP = 3("nota IP_DAA") + ("nota IP_IPF) + 3("nota IP_CTA") + 3("nota IP_CTE")"

INDICADORES DE PROCESSO (IP)		
Indicador		**Forma de cálculo**
Disponibilidade de água	IP_DAA	$\left(\frac{VRE_VAP}{(VRE_LAA\ x\ k)}/150\right)(\%)$ Onde: VRE_VAP - Volume de água produzido (l/dia) VRE_LAA - Ligações ativas de água k – Adotou-se 3,5 habitantes por ligação Adotou-se como ideal 150 litros/pessoa.dia
Instalações por funcionário	IP_IPF	$\frac{VSA_QIN}{VRE_QEP}$ Onde: VSA_QIN – Quantidade de instalações VRE_QEP – Quantidade de empregados próprios
Capacidade de produção de água	IP_CTA	$\frac{VRE_VAP}{VRE_CTA}(\%)$ Onde: VRE_VAP – Volume de água produzido (l/s) VRE_CTA – Capacidade nominal da ETA (l/s)
Capacidade de tratamento de esgoto	IP_CTE	$\frac{VRE_VET}{VRE_CTE}(\%)$ Onde: VRE_VET – Volume de esgoto tratado (l/s) VRE_CTE – Capacidade nominal da ETE (l/s)

Tabela 5 – Indicadores de processo (IP)

Indicadores de regulação (IR) – Em decorrência da deficiência de avaliação e gestão global dos problemas e não conformidades apontadas, nesse item foram verificadas a avaliação e pesquisa individual de cada fiscal sobre o sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário de todos os municípios através de formulário específico.

Cálculo do indicador de regulação:

"IR = 2("nota IR_NCA") + 3("nota IR_NCN") + 2("nota IR_NCI") + ("nota IR_NCD") + ("nota IR_NCC") + ("nota IR_NCS")"

INDICADORES DE REGULAÇÃO (IR)		
Indicador		**Forma de cálculo**
Não conformidades apontas	IR_NCA	VSA_NCA Onde: VSA_NCA - Total de não conformidades e recomendações apontadas
Não conformidades abertas	IR_NCN	VSA_NCN Onde: VSA_NCN - Não conformidades/ recomendações abertas

Índice de não conformidades	IR_NCI	$\frac{VSA_NCN}{VSA_NCA}$ (%) Onde: VSA_NCN – Não conformidades/ recomendações abertas VSA_NCA – Total de não conformidades e recomendações apontadas
Classificação dos serviços de saneamento	IR_NCD	VSA_CNC Onde: VSA_CNC – Pergunta na pesquisa com a equipe: Como você classifica o serviço de saneamento prestado nesse município?
Classificação das não conformidades	IR_NCC	VSA_CNC Onde: VSA_CNC - Pergunta na pesquisa com a equipe: De maneira geral, como você classifica as não conformidades desse município?
Solução das não conformidades pelas prestadoras	IR_NCS	VSA_PNC Onde: VSA_PNC - Pergunta na pesquisa com a equipe: Qual a sua percepção com relação a pró atividade na solução dos problemas pela prestadora nesse municípios?

Tabela 6 – Indicadores de regulação (IR)

Indicadores de serviço (IS) – Para os indicadores de serviço foram avaliadas as reclamações separadas para cada município através do SAL da Arsesp assim como o índice de incidentes registrados no sistema da agência.

Cálculo do indicador de serviço:

"IS = 3("nota IS_SAU") + 3("nota IS_INC")"

INDICADORES DE SERVIÇO (IS)		
Indicador		**Forma de cálculo**
Reclamações do SAU por economia	IS_SAU	$\frac{VDI_SAU}{VRE_LAA}$ (%) Onde: VDI_SAU - Reclamações no SAL VRE_LAA - Ligações ativas de água
Incidentes por economia	IS_INC	$(\frac{VRE_IRA}{VRE_LAA}) + (\frac{VRE_IRE}{VRE_LAE})$ (%) Onde: VRE_IRA - Incidentes registrados no sistema de abastecimento de água VRE_LAA - Ligações ativas de água VRE_IRE - Incidentes registrados no sistema de abastecimento de esgoto VRE_LAE - Ligações ativas de esgoto

Tabela 6 – Indicadores de serviço (IS)

Foram usados pesos diferentes para cada indicador definidos de acordo com o

grau de importância e risco para os sistemas de acordo com discussão na área com todos os especialistas, gerando assim a seguinte fórmula de cálculo que atribui uma nota para a prestação de serviço de cada município:

"NOTAL TOTAL = "IG" + (3 x "IC") + (3 x "IP") + "IR" + (3 x "IS") "

Para cálculo os indicadores foram utilizados os critérios conforme Tabela 7, onde foram atribuídos as notas: "1" para BOM, "2" para MÉDIO e "3" para RUIM.

Além disso, foram atribuídos pesos para cada indicador e para cada grupo de indicadores conforme Tabela 8.

INDICADORES		**CLASSIFICAÇÃO**			
		BOM	**MÉDIO**		**RUIM**
IC	Cobertura de Agua	100%	98%	100%	98%
IC	Cobertura de Esgoto	100%	98%	100%	98%
IC	Tratamento de Esgoto	100%	98%	100%	98%
IC	Perdas	100%	100%	90%	90%
IC	IDQAD/ ICAD	99,00	95,00	99,00	95,00
IG	População Fonte IBGE Estimada 2015	40000,00	40000,00	100000,00	100000,00
IG	Relevância em %	0,05%	0,05%	0,10%	0,10%
IG	Número de instalações	50	50	100	100
IG	Distância de São Paulo	100	100	200	200
IG	Quantidade de ligações ativas de água	2000	2000	10000	10000
IG	Quantidade de ligações ativas de esgoto	2000	2000	10000	10000
IP	Disponibilidade de Água	100%	80%	100,00%	80,00%
IP	Instalação por funcionário	6,00	6,00	12,00	12,00
IP	Capacidade de produção de água	80,00%	80,00%	100,00%	100,00%
IP	Capacidade de tratamento de esgoto	80,00%	80,00%	100,00%	100,00%
IR	Quantidade de não conformidades apontadas	40,00	40,00	80,00	80,00
IR	Quantidade de não conformidades abertas	20,00	20,00	40,00	40,00
IR	Índice de não conformidades	30,00%	30,00%	50,00%	50,00%
IR	Classificação dos serviços de saneamento	BOM	MÉDIO	MÉDIO	RUIM
IR	Classificação das não conformidades	LEVE	MÉDIA	MÉDIA	ALTA
IR	Solução das não conformidades pela operadora	BOM	MÉDIO	MÉDIO	RUIM
IR	Receita Líquida do município	5.000.000	5.000.000	10.000.000	10.000.000
IS	Reclamações do SAU x ligação	0,30%	0,30%	1,00%	1,00%
IS	Incidentes x ligação	0,010	0,010	0,020	0,020

Tabela 7 – Critérios para cálculo dos indicadores

GRUPO DE INDICADORES		INDICADORES	
GRUPO	**PESO**	**INDICADOR**	**PESO**
INDICADORES CONTRATUAIS (IC)	1	Cobertura de Agua	3
		Cobertura de Esgoto	3
		Tratamento de Esgoto	3
		Perdas	3
		IDQAD/ ICAD	2
INDICADORES GEOGRÁFICOS (IG)	3	População Fonte IBGE Estimada 2015	2
		Relevância em %	0
		Número de instalações	3
		Distância de São Paulo	0
		Quantidade de ligações ativas de água	1
		Quantidade de ligações ativas de esgoto	1
INDICADORES DE PROCESSO (IP)	3	Disponibilidade de Água	3
		Instalação por funcionário	1
		Capacidade de produção de água	3
		Capacidade de tratamento de esgoto	3
INDICADORES DE REGULAÇÃO (IR)	1	Quantidade de não conformidades apontadas	2
		Quantidade de não conformidades abertas	3
		Índice de não conformidades	2
		Classificação dos serviços de saneamento	1
		Classificação das não conformidades	1
		Solução das não conformidades pela operadora	1
		Receita Líquida do município	0
INDICADORES DESERVIÇO (IS)	3	Reclamações do SAU x ligação	3
		Incidentes x ligação	3

Tabela 8 – Peso dos indicadores

Para classificação geral dos municípios utiliza-se todas as notas apresentadas pelos municípios, encontrando o valor máximo dentre eles, assim os valores para classificação geral dão-se, conforme Tabela 9, da seguinte maneira:

CLASSIFICAÇÃO GERAL	NOTA GERAL
A	< 0,50 x “valor máximo”
B	≥ 0,50 e <0,70 x “valor máximo”
C	≥ 0,70 x “valor máximo”

Tabela 9 – Critérios para classificação geral

Todos os municípios conveniados são fiscalizados todos os anos, porém, a programação das vistorias “in loco” é determinada de acordo com esses indicadores

que classificaram a prestação do serviço em A, B e C, onde:

Classificação da prestação dos serviços por município		Quantidade mínima de fiscalizações de campo no ciclo de 03 (três) anos
	A	01 (uma)
	B	02 (duas)
	C	03 (três)

Tabela 10 - Quantidade de fiscalizações de campo por município

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Com a separação entre fiscalização de campo e remota para os municípios do interior foi possível manter o número de fiscalizações diminuindo a quantidade de dias no ano em que o especialista realiza as fiscalizações de campo.

As quantidades de fiscalizações, remota e campo e o período reservado para as fiscalizações de campo são detalhados na Tabela 12.

ANO	MUNICÍPIOS FISCALIZADOS			DIAS FISCALIZANDO	
	CAMPO	REMOTA	TOTAL	TOTAL	POR FISCAL
2012	287	0	287	602	75
2013	258	0	258	703	88
2014	311	0	311	557	70
2015	284	0	284	334	42
2016	290	0	290	384	48
2017	102	162	264	169	21
2018	159	120	279	200	25
2019	172	110	282	290	36

Tabela 12 - Quantidade de fiscalizações de campo e remota e período de fiscalização de campo por ano

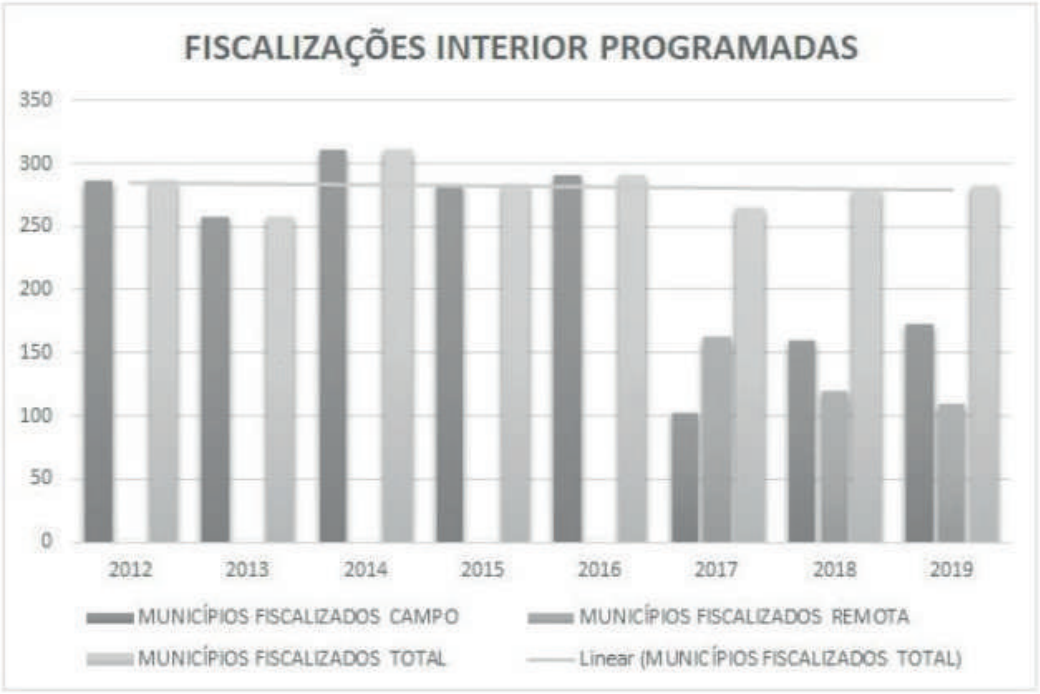


Figura 2 – Fiscalizações para os municípios programadas por ano

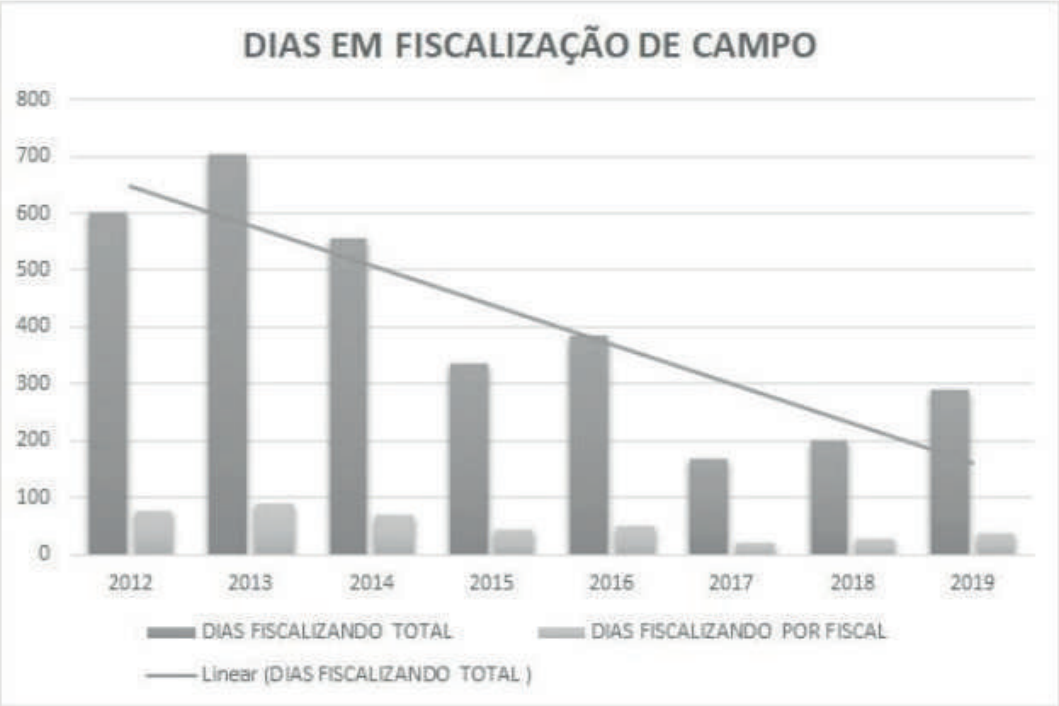


Figura 3 – Período de fiscalização por especialistas por ano

Através das Figura 2 e Figura 3 fica claro que a quantidade de fiscalizações para o interior tendem a continuar com a mesma quantidade, porém os dias de fiscalização em campo tendem a diminuir permitindo que os especialistas consigam se dedicar mais ao processo de fiscalização e acompanhamento do desempenho e operação dos sistemas e menor tempo em deslocamento.

SEGUNDA ETAPA: DISTRIBUIÇÃO DAS FISCALIZAÇÕES

A segunda etapa do trabalho de planejamento das fiscalizações foi a distribuição equilibrada de municípios entre os especialistas, que a partir de 2017 passam a ser responsáveis por um conjunto de município durante um ano. E o calendário com as fiscalizações do ano inteiro é distribuída através de sorteio antes do final do ano base anterior.

Para quantificar os municípios sob responsabilidade de cada especialista foi adotado o sistema de pontos onde foram consideradas as complexidades de cada fiscalização ficando a pontuação de acordo com a Tabela 13.

TIPO DE FISCALIZAÇÃO	PONTUAÇÃO
Cessão de área Específica Remota Investimentos Perdas	1
Comercial Periódica Interior – Municípios “A”	2
Periódica São Paulo Periódica Interior – Municípios “B” Relatório consolidado Região Metropolitana	3
Periódica Interior – Municípios “C”	4

Tabela 13 - Quantidade de fiscalizações de campo e remota e período de fiscalização de campo por ano

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

Na Tabela 14 estão contidas informações sobre a quantidade de municípios fiscalizados por ano por especialista da área de fiscalização de saneamento da Arsesp. É possível verificar que antes de 2017 quando as fiscalizações não possuíam cronograma anual e as divisões por especialista era realizada de forma independente a diferença entre a quantidade de municípios para cada um chegou a ser próxima ao dobro da média de todos os especialistas.

Após a mudança na gestão do processo de fiscalização essa diferença tem tendência de diminuis, como demonstrado na Figura 4, onde o máximo chegou a ser 63 municípios de diferença e em 2019 chega a previsão de apenas 10.

Os cálculos levaram em consideração somente as fiscalizações programadas nos municípios do interior e os especialistas da superintendência de fiscalização de saneamento.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
F1								24
F2	30	23	23	25				
F3	32	31	29	4	19	12	19	
F4	22	20	17	9	25	11	21	24
F5	19	9	24	23	22	15	24	27
F6	29	25	52	46	31			
F7	23	29	32	31	30	16	19	29
F8	28	30	33	41	41	12	22	24
F9	27	24	32	49	58	11	15	19
F10	35	31	39	30	44	12	26	20
F11	35	31	39	30	44	12	26	20
F12	30	34	39	47	43	16	22	22
F13	27	31	33	40	62	29	13	26
F14	28	40	40	55	58	2	18	23

F15	32	32	54	54	56	10	22	21
F16	38	31	48	54	57	11	23	22
F17	29	28	63	48	49	25	27	29
F18	29	32	48	60	72	18	27	25
MÁXIMO	38	40	63	60	72	29	27	29
MÍNIMO	19	9	17	4	19	2	13	19
DIFERENÇA	19	31	46	56	53	27	14	10

Tabela 14 - Quantidade de municípios fiscalizados por especialistas por ano



Figura 4 – Diferença entre a quantidade de municípios fiscalizados por especialistas por ano

TERCEIRA ETAPA: FISCALIZAÇÃO REMOTA

A fiscalização remota de saneamento da Arsesp foi dividida em 04 (quatro) itens:

Acompanhamento das metas contratuais

Acompanhamento do sistema de abastecimento de água

Acompanhamento do sistema de esgotamento sanitário

Acompanhamento do sistema comercial

O objetivo de incluir nos relatórios de fiscalização o “Item 1 – Acompanhamento das metas contratuais” é para que o especialista no momento de avaliar os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário tenham uma visão da situação dos municípios em relação a cobertura do sistema e acompanhar nos intervalos entre o prazo de atendimento da meta contratual algum item que deva ser verificado na fiscalização de campo.

O acompanhamento dos sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e comercial se dá por meio da análise de dados enviados pela prestadora e

analisados pelos especialistas da Arsesp. As análises são realizadas por subsistema.

Na Tabela 15 mostra os itens verificados de acordo com cada etapa do sistema. Cada item é analisado de maneira independente, mas o resultado da fiscalização leva em consideração o processo todo.

SISTEMA	ETAPA DO TRATAMENTO	ITEM VERIFICADO
Abastecimento de água	Captação	Se possui outorga de captação
		Se a vazão captada está de acordo com a vazão outorgada
	Estação de tratamento de água (ETA)	Se a vazão tratada está de acordo com a vazão nominal da ETA
		Desempenho do tratamento da água
		Se possui Licença de Operação válida
	Reservatório	Se o volume de reservação está de acordo com o recomendado
	Distribuição	Se o volume de água distribuído por habitante dia está próximo ao recomendado
		Volume de perdas no subsistema está coerente com a meta contratual para o município
Esgotamento sanitário	Estação elevatória de esgotos	Se a demanda para a EEE é menor que a capacidade instalada da bomba
	Estação de tratamento de esgotos (ETE)	Se a vazão tratada está de acordo com a vazão nominal da ETE
		Desempenho do tratamento de esgotos
		Se possui licença de operação
	Corpo receptor	Se possui outorga de lançamento de efluentes
		Se a vazão de efluentes lançada está de acordo com a vazão outorgada
Sistema comercial	Acompanhamento do índice de tarifa social	
	Atendimentos dos prazos para atendimento de pedidos novas ligações de água e esgoto	
	Atendimento aos prazos de reparos e reposições de acordo com o estabelecido na Deliberação Arsesp 550	

Tabela 15 – Itens verificados na fiscalização remota

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA

A avaliação dessa terceira etapa e o comportamento dos processos fiscalizados serão realizados no decorrer do ano de 2019, onde a equipe de fiscalização irá verificar os pontos positivos e negativos de cada item e como afetou ou pode ter afetado a prestação do serviço.

CONCLUSÕES

Analisada a evolução do indicador “número de relatórios elaborados x número de fiscalizações realizadas (ano)” foi detectado uma evolução decrescente no tempo de 85 nos primeiros anos de fiscalização até 60% no ano 2016. Esta análise provocou a necessidade de revisar o processo fiscalizatório, identificando as oportunidades de melhoria considerando o incremento de municípios a serem fiscalizados no ano sem um incremento na equipe de fiscalização. Como resultado do estudo foi identificada a necessidade de desenvolver a fiscalização remota e redefinir a fiscalização de campo num ciclo de 3 anos. Em 2017 foi reformulado todo o processo de fiscalização, a partir de 2018 no gráfico é possível identificar uma tendência a melhorar o indicador atingindo os valores históricos.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019*
FISCALIZAÇÕES	453	493	615	452	467	383	319	23
RELATÓRIOS	246	412	515	307	290	90	217	71
%	54%	84%	84%	68%	62%	23%	68%	309%

Tabela 16 – Índice de relatórios e fiscalização por ano

*dados referentes ao primeiro trimestre



Figura 5 – índice de relatórios enviados x fiscalização realizada (ano)

Além disso, a fiscalização técnico operacional dos serviços de saneamento que tinha como aspecto principal a fiscalização de conservação dos ativos passou a ter também foco no desempenho da prestação dos serviços.

A revisão do processo fiscalizatório desenvolvendo a fiscalização remota e redefinindo a programação da fiscalização de campo permitiu as seguintes melhoras:

- √ A possibilidade de um diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário que complementa a visão da fiscalização de campo
- √ Otimizar a logística da fiscalização de campo priorizando a vista dos sistemas em situação mais precária.
- √ Padronização do processo fiscalizatório e apontamento de não conformidades.
- √ Agilidade na elaboração de relatórios e demais documentos de fiscalização

Verificou-se também a necessidade de estabelecer e definir mais indicadores do trabalho para avaliação do alcance dos objetivos finais e busca constante da concretização da Visão da fiscalização e no final do ciclo, o desempenho das atividades da fiscalização de saneamento será avaliado para auxiliar no desenvolvimento do próximo ciclo.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO NETO, M. F. Fernandez, R. Araujo, A. E. Ito. Manual de Hidráulica. São Paulo, Edigar Blucher, 1998 8ª ed. 669p.

Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – 4. ed. – Brasília : Funasa, 2015. 642 p. il.

OECD (2014), Regulatory Enforcement and Inspections, OECD Best Practice Principles for Regulatory Policy, OECD Publishing.http://dx.doi.org/10.1787/9789264208117-en

Regulação: Procedimentos de Fiscalização em Sistema de Abastecimento de Água./ Alceu de Castro Galvão Junior, Alexandre Caetano da Silva et al. – Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora Ltda./ ARCE, 2006

São Paulo. Agência reguladora de saneamento e energia do estado de São Paulo. Arsesp. Manual básico de fiscalização técnico operacional - versão 5 – São Paulo, 2013. 24 p.

CAPÍTULO 12

GESTÃO E CONSERVAÇÃO DE ÁGUA: ALTERNATIVAS PARA MELHORAR O ATENDIMENTO DAS DEMANDAS HÍDRICAS DO CENTRO DE CONVENÇÕES DE PERNAMBUCO

Data de aceite: 09/01/2020

Amanda Almeida de Oliveira Figueiredo
Universidade de Pernambuco (UPE)
Recife - Pernambuco

Simone Rosa da Silva
Universidade de Pernambuco (UPE)
Recife - Pernambuco

RESUMO: O estudo analisou alternativas para melhoria no abastecimento de água e medidas de conservação no Centro de Convenções de Pernambuco, buscando equacionar e apresentar alternativas para otimização dos seus recursos hídricos. A metodologia consistiu nas fases de campo e pesquisa, através do levantamento e coleta de dados, caracterização do empreendimento, análise das informações, identificação dos problemas na gestão dos recursos hídricos e proposição de soluções. Os resultados identificaram a fragilidade na gestão de água do empreendimento com armazenamento hídrico insuficiente e apenas um poço para atender as demandas hídricas que chegaram a um consumo em 2015 de 98.478,4 m³. Assim, foi realizada a análise para perfuração de novo poço, viabilidade do suprimento das demandas hídricas pela concessionária, a verificação da contratação de caminhões-pipas para resolver problemas emergenciais de abastecimento, ligação do antigo reservatório de refrigeração com as instalações hidrosanitárias e o estudo para implantação de sistema de captação de água pluvial. Concluiu-se que, caso haja falha na captação de água do poço existente por qualquer problema técnico, o empreendimento ficará em uma situação complicada para atendimento imediato das demandas hídricas. Apesar de seus reservatórios ativos possuírem uma capacidade de 3.600 m³, apenas 540 m³ é destinado ao atendimento das instalações hidrosanitárias, valor reduzido em comparação com o consumo médio diário de 268,3 m³. Portanto, as alternativas propostas para melhorar o abastecimento e propiciar a conservação desses recursos devem ser levadas em consideração combinadamente, pois, uma solução não exclui as outras necessariamente.

PALAVRAS-CHAVE: Consumo de água, Água subterrânea, Atendimento de demandas, Captação de água pluvial.

WATER MANAGEMENT AND CONSERVATION: ALTERNATIVES TO IMPROVE WATER DEMANDS AT THE PERNAMBUCO CONVENTION CENTER

ABSTRACT: The study analyzed alternatives for improving water supply and conservation measures at the Pernambuco Convention

Center, seeking to equate and present alternatives for optimizing its water resources. The methodology consisted of field and research phases, through survey and data collection, enterprise characterization, information analysis, identification of problems in water resources management and proposing solutions. The results identified the fragility in water management of the enterprise with insufficient water storage and only one well to meet the water demands that reached a consumption in 2015 of 98,478.4 m³. Thus, the analysis was performed for drilling new wells, feasibility of supplying water demands by the concessionaire, verifying the hiring of water trucks to solve emergency supply problems, connecting the old refrigeration reservoir with the sanitary facilities and the study to implementation of rainwater harvesting. It was concluded that, if there is a failure to capture water from the existing well due to any technical problem, the venture will be in a complicated situation to meet immediate water demands. Although its active reservoirs have a capacity of 3,600 m³, only 540 m³ is destined to meet the sanitary facilities, a small amount compared to the average daily consumption of 268.3 m³. Therefore, the proposed alternatives to improve supply and to conserve these resources must be taken into consideration together, as one solution does not necessarily exclude others.
KEYWORDS: Water consumption. Groundwaterl Demand fulfillment. Rainwater harvesting.

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil possui ampla disponibilidade de recursos hídricos, todavia, sua distribuição espacial não é uniforme. Assim, muitas regiões enfrentam problemas de escassez intimamente relacionados à dificuldade de acesso à água e poluição. Entretanto, a quantidade de água necessária para o atendimento das demandas hídricas é crescente por causa do aumento populacional e desenvolvimento econômico. Desta forma, a ampliação e otimização do sistema de abastecimento da água, fundamental para melhorar a oferta, se dar através do planejamento e investimentos em infraestrutura.

Segundo Marques et al. (2015) para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos e aplicados. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda e redução de perdas se constituem, em associação às práticas conservacionistas, como as palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos (FIESP, 2005).

Existe a necessidade de uma visão integrada de médio e longo prazo onde a sustentabilidade para o uso e conservação do recurso de água devem ser continuamente considerados em diversos setores da sociedade, tanto nas esferas

públicas como privadas (CARNEIRO, 2016). Portanto, percebe-se que uma gestão responsável das edificações com instituições públicas melhoraria os pilares fundamentais da sustentabilidade: ambiental, social e econômico.

De acordo com Ramísio et al. (2016) a investigação nas áreas de conhecimento associadas à sustentabilidade, e inerentemente na gestão sustentável da água, deverá assumir-se como uma prioridade dada a sua importância estratégica no desenvolvimento. Enquanto os programas de gestão de água não estiverem no topo das prioridades das instituições, este setor nunca será bem organizado (GRIGG, 2011).

Assim, as edificações públicas exercem um papel de destaque para a otimização e conservação de água. É importante a inserção e fomentação de técnicas e tecnologias de redução, reutilização e aproveitamento da água e aplicando-as, sempre que possível, visando à otimização e eficiência para o não desperdício (CARNEIRO, 2016).

Edificações públicas são imóveis construídos ou adaptados com recursos públicos para exercício de atividade administrativa ou para a prestação de serviços públicos, tais como prédios administrativos, escolas, hospitais, postos de saúde, clínicas, museus, instituições de pesquisa e outras instituições ou associações de diversos tipos. O consumo de água nesses prédios varia de acordo com sua tipologia, dimensões, quantidade de funcionários, jornada de trabalho, finalidade e população flutuante. Mas em geral, os aparelhos hidrossanitários e jardins são responsáveis por consumir a maioria da água.

A Empresa de Turismo de Pernambuco (EMPETUR) gerencia um amplo espaço para realização de grandes eventos do país, o Centro de Convenções de Pernambuco (CECON), que abriga famosos eventos de pequeno, médio e grande porte o ano inteiro, atraindo milhares de pessoas semanalmente.

Estudos analisando os diversos problemas hídricos enfrentados por edificações com tipologia de Centro Convenções são pouco abordados na literatura. Tais estruturas representam grandes custos de manutenção ao Governo devido às amplas instalações e por atender milhões de pessoas anualmente, portanto merecem um maior enfoque.

Esse trabalho analisou alternativas para conservação e melhoramento do gerenciamento do sistema de abastecimento de água do CECON, buscando equacionar e apresentar alternativas para otimização dos seus recursos hídricos.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido através de duas etapas principais: campo e pesquisa. A Figura 1 esquematiza a metodologia e os aspectos analisados A

realização de visitas técnicas exploratórias foi fundamental para a coleta de dados e informações sobre o CECON, pois através delas foi possível verificar todas as instalações físicas (salas, teatros, auditórios, estacionamento), conhecer os equipamentos hidrossanitários adotados nos banheiros e o estado de conservação das tubulações.

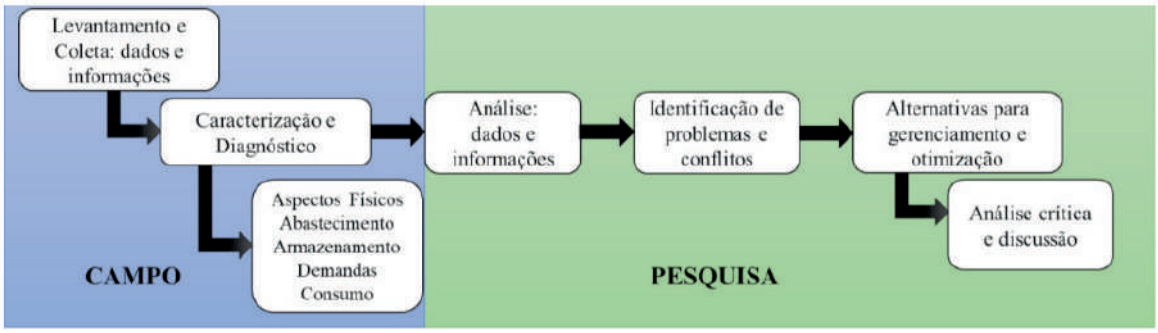


Figura 1 – Esquema das etapas e análises da metodologia do presente estudo.

Assim, constatou-se a necessidade de realizar os diagnósticos, caracterizando o empreendimento sobre os aspectos físicos, abastecimento de água, armazenamento hídrico, demandas e consumo.

A análise dos aspectos físicos teve o intuito de verificar no empreendimento áreas do terreno, área construída, área verde, capacidade do estacionamento e dos locais onde acontecem os eventos. Essas informações foram obtidas com o acesso a documentos internos e levantamento arquitetônico.

O diagnóstico do abastecimento de água identificou as fontes de fornecimento que o CECON utiliza ou possui acesso para o suprimento das demandas hídricas. O levantamento dos reservatórios construídos no empreendimento buscou identificar seus volumes e finalidades para conseguir caracterizar o armazenamento hídrico.

Também, identificou-se as demandas permanentes e flutuantes que necessitam de água para a manutenção e funcionamento da edificação. O acesso aos dados de consumo foi possível através da numeração dos hidrômetros do empreendimento junto à Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) tanto para o fornecimento público como utilização do poço.

Após o diagnóstico e análise das informações do empreendimento o estudo buscou alternativas para otimizar e melhorar o gerenciamento dos recursos hídricos do CECON, propondo soluções de caráter emergencial e permanente para garantir a segurança hídrica da edificação e conservação de água. As medidas analisadas passaram por uma discussão crítica, considerando novas fontes de abastecimento e aumento da disponibilidade de armazenamento.

O estudo para implantação de captação de água de chuva seguiu a metodologia de Figueiredo & Silva (2015) e Silva et al. (2017) onde foram

necessários o levantamento e análise estatística dos dados pluviométricos da região, estabelecimento do consumo da demanda a ser substituída por água pluvial, seleção dos métodos a serem aplicados e a estimativa do volume do reservatório através dos cálculos propostos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007): Alemão, Azevedo Neto, Inglês e Simulação.

3 I RESULTADOS

3.1 Caracterização da edificação

O Centro de Convenções de Pernambuco (Figura 2), localizado em Olinda, é considerado o maior centro de negócios do Nordeste, o terceiro maior polo de eventos do país e um dos mais modernos da América Latina. Ocupa um terreno de 240.000 m² tendo 74.000 m² de área construída, composto de pavilhão de feiras, setores de exposições, teatros e auditórios, salas de conferência, depósitos, posto de informação turística, estacionamento, jardins e espaços externos. A composição destes locais permite que eventos simultâneos transcorram naturalmente, sem quaisquer interferências.



Figura 2 – Vista área do Centro de Convenções de Pernambuco localizado em Olinda (PE).
Fonte: Saboia (2016).

O pavilhão de feiras é totalmente climatizado e possui cerca de 19.380 m² de área aproveitável. O setor de exposições é dividido em cinco áreas com aproximadamente 6.160 m². O estacionamento disponível para público é operado

por empresa concessionária possuindo capacidade para até 1.212 automóveis. A área de telhado é de aproximadamente 40.000 m^2 e a área de jardim é de quase 25.000 m^2 e necessita de água para sua manutenção, semanalmente.

O principal teatro do CECON é o Guararapes, um dos maiores do Brasil, com capacidade para 2.371 pessoas (plateia e balcão). Além do teatro principal, existe também o Beberibe (capacidade: 390 assentos), os Auditórios Tabocas (capacidade: 800 cadeiras), Brum (capacidade: 202 assentos) e Ribeira (capacidade: 202 assentos), e mais onze Salas de Conferências (com capacidade para 100 pessoas cada), oferecendo significativa capacidade de acomodação para mais de 2.694 pessoas, em locais climatizados, com rede elétrica, rede wireless, baterias sanitárias e entradas independentes em cada conjunto.

3.2 Diagnóstico do abastecimento hídrico do Centro de Convenções de Pernambuco

A Concessionária responsável pelo abastecimento do Centro de Convenções é a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Existem duas ligações para o suprimento da água com hidrômetros instalados, entretanto, as mesmas não são utilizadas devido a problemas de falta de pressão da água, que inviabilizam o enchimento dos reservatórios.

Além disso, o custo para suprir as demandas hídricas com o fornecimento da COMPESA seria bastante elevado em decorrência do alto consumo do empreendimento. Assim, o poço é a única forma utilizada para suprimento das demandas, responsável por manter os reservatórios cheios especialmente para utilização nos banheiros e sistema de refrigeração dos eventos. Dessa forma, seu sistema de bombeamento é praticamente permanente. Entretanto, apesar desse poço ser essencial para o funcionamento, a sua manutenção não é realizada com grande frequência visto que ele já passou quase sete anos sem nenhuma intervenção.

Os eventos no Centro de Convenções são diários e possuem portes pequenos, médios e grandes. Também, vários deles podem acontecer ao mesmo tempo. Portanto, a paralização do fornecimento de água pelo poço para serviços de manutenção implicaria em consequências na agenda de eventos do CECON. Funcionários relataram que em 2014 houve uma programação para a intervenção no poço ocorrer durante os quatro dias com poucos eventos de pequeno porte. Porém, apesar da água ter sido previamente armazenada nos reservatórios, ainda existiu a insegurança e preocupação do tempo de manutenção durar mais que o estimado e a água armazenada não ser suficiente, sendo necessário uma solução emergencial com a utilização de carros-pipas para suprir as demandas hídricas.

A solução adotada pelos empregados funcionou, pois eles tiveram tempo para se planejar, contudo, também revela a grande dependência desse único poço

ocasionando uma insegurança hídrica no abastecimento. Esse fato é preocupante, pois caso haja interrupção no funcionamento do poço, provavelmente faltará água para realização dos eventos.

3.3 Diagnóstico do armazenamento hídrico

No CECON existem cinco reservatórios para o armazenamento de água, porém nenhum deles possui hidrômetros instalados. O reservatório 1 é o mais recente, inaugurado em 2006, em estrutura metálica e possui uma capacidade de 3.000 m^3 destinada ao sistema de refrigeração, que é mantido sempre a um nível elevado para que o arrefecimento não seja prejudicado.

O reservatório 2, com uma estrutura de concreto aparente, localiza-se na parte externa das edificações, tendo uma capacidade de 190 m^3. O reservatório 3 é uma cisterna situada abaixo do reservatório 2, com capacidade de 350 m^3.O reservatório 4 armazena 60 m^3, correspondendo a uma reserva mínima de incêndio para o empreendimento com o intuito de alimentar por gravidade as tubulações do sistema de hidrantes.

Ainda existe um reservatório 5, com capacidade de 1.000 m^3, localizado logo abaixo da superfície do terreno, que antigamente era destinada ao sistema de refrigeração. Contudo, a sua estrutura de concreto armado enterrada no solo não conseguia manter a água com a temperatura adequada para a finalidade e a sua capacidade ficou insuficiente para resfriar o volume de água necessário ao funcionamento do CECON. Quando o reservatório 1 foi inaugurado para dar suporte ao sistema de arrefecimento, o antigo deixou de ser utilizado até 2014, quando houve a necessidade de enche-lo por causa da manutenção do poço. Atualmente, ele é mantido cheio para uma eventual emergência, apesar de não possuir ligações permanentes com o restante da rede que abastece o sistema hídrico do CECON.

3.4 Caracterização das demandas hídricas

Primeiramente, as demandas hídricas do CECON podem ser classificadas entre permanentes e temporárias. As permanentes correspondem ao atendimento de:

- Quadro de aproximadamente 700 funcionários, em 2015, trabalhando diariamente dentro das instalações, pertencendo a vários órgãos públicos administrativos instalados no empreendimento.
- Resfriamento do ar condicionado permanente para funcionários, cujo consumo de água não pode ser mensurado, pois apenas o reservatório 1 é destinado ao sistema de refrigeração, tornando-se incomum com os eventos.
- Jardins internos e externos que totalizam em uma área verde de 25.098 m^2.

As demandas temporárias em um empreendimento como o CECON podem ser muito superiores à permanente e são difíceis de serem quantificadas, pois consiste no público dos eventos e suas necessidades relacionadas ao uso dos banheiros e do sistema de arrefecimento.

Atualmente, o CECON não possui um banco de dados com a estimativa de público dos eventos, tendo registros entre os anos de 2000 a 2009. A estimativa de público mais recente registrada foi no ano de 2009, onde 1.573.127 de pessoas passaram pelas instalações do CECON em 524 eventos.

O cadastro e quantificação dessas informações é importante, pois permitiria a análise da variação de público dos eventos, comparando variações anuais, a ocupação mensal de cada espaço, os tipos de eventos e seus quantitativos, o número de pessoas nos eventos e a receita arrecadada.

A demanda de água devido à população flutuante dos eventos é difícil de ser estimada, pois o CECON não possui hidrômetros setorizados nos banheiros, copas e sistema de refrigeração na área destinada a eles.

3.5 Consumo de água do empreendimento

A caracterização do consumo de água do CECON foi feita considerando o consumo mensal durante o ano de 2015, período em que os dados foram fornecidos, logo após a implantação de hidrômetros com sistema de telemetria. Com essa tecnologia, foi possível verificar o comportamento do consumo horário, diário e mensal.

Percebeu-se que o funcionamento de um centro de convenções requer grande quantidade de água, aproximadamente 98.478,4 m³ no ano de 2015, conforme apresentado na Figura 3. Assim, os meses com maior consumo superam 10.500 m³, como pode ser visto em dezembro (10896,48 m³), janeiro (10636,72 m³) e julho (10584,29 m³).

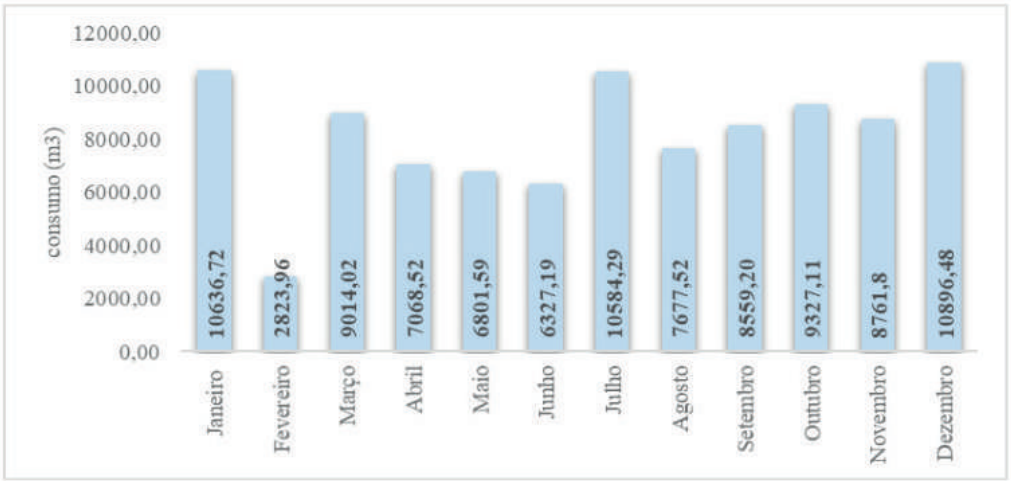


Figura 3 – Consumo ao longo dos meses do Centro de Convenções de Pernambuco para o ano de 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

O consumo médio diário em 2015 (Figura 4) foi de 268,29 m³/dia com um desvio padrão de 71,03 m³/dia. A Figura 4 apresenta o consumo médio diário em cada mês. O dia com o maior consumo (Figura 5) foi em 06/01/2015 onde estavam acontecendo três eventos: feirão de eletrodomésticos, aula de inglês e uma colação de grau. Observa-se que esses eventos não justificam um consumo de 2.945,24 m³, portanto, foi confirmado pelos funcionários o acontecimento de um grande vazamento neste dia, que demorou a ser resolvido. Em fevereiro, o hidrômetro apresentou defeito e acabou registrando o consumo acumulado de vários dias.

Apesar do consumo médio horário ter sido de 10,68 m³/h, não demonstra a real solicitação do poço pelas demandas hídricas por não considerar as horas que o mesmo não é requerido. A Figura 6 apresenta o consumo médio horário ao longo dos meses. Geralmente, o poço não é usado de 22h até às 8h do dia seguinte, refletindo que o uso de água é maior durante o expediente dos funcionários e dos eventos simultâneos. O pico de consumo acontece entre as 10h e 15h, pois nesse intervalo os reservatórios diminuem os níveis de água em função do consumo, sendo preciso vazões maiores para suprir as necessidades de hídricas rapidamente.

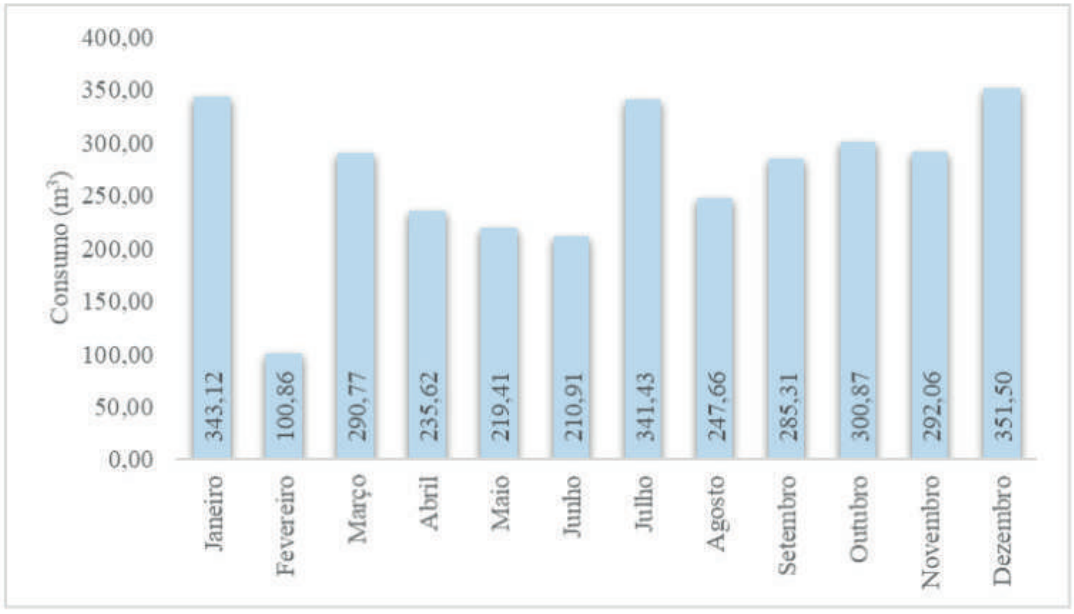


Figura 4 – Consumo médio diário por mês no Centro de Convenções de Pernambuco durante o ano de 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

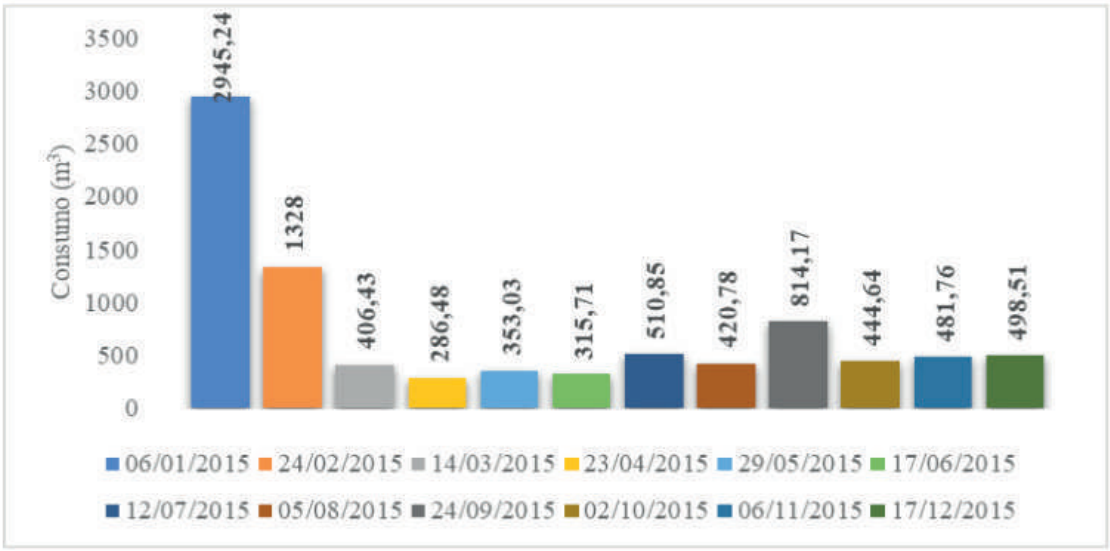


Figura 5 – Consumo máximo diário de cada mês no Centro de Convenções de Pernambuco para o ano de 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

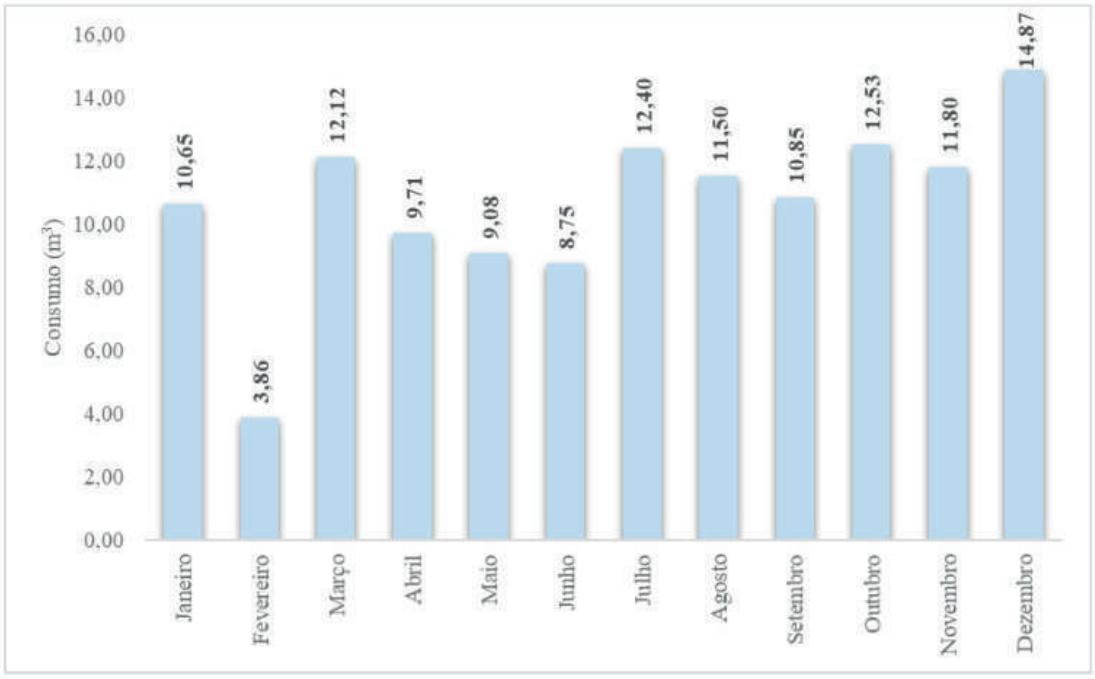


Figura 6 – Consumo médio de horário por mês em 2015 no Centro de Convenções de Pernambuco.

Fonte: Figueiredo (2016).

O máximo consumo horário foi de 67,34 m³/h em 17/06/2015 entre 10h e 11h. Nesse intervalo de tempo, estava ocorrendo a organização e montagem de uma feira de artesanato, uma conferência na área de saúde, várias reuniões e preparação para a festa de São João de duas escolas. A Tabela 1 apresenta os maiores consumos horários em cada mês do ano de 2015.

Máximo Consumo horário (m^3)	Data	Horário (h)
54,51	16/01/2015	14:00 - 15:00
34,95	30/03/2015	21:00 - 22:00
32,45	13/04/2015	14:00 - 15:00
41,11	20/05/2015	13:00 - 14:00
67,34	17/06/2015	10:00 - 11:00
40,05	20/07/2015	13:00 - 14:00
63,18	19/08/2015	11:00 - 12:00
38,68	03/09/2015	10:00 - 11:00
40,40	04/10/2015	11:00 - 12:00
37,06	13/11/2015	13:00 - 14:00

Tabela 1 – Consumo máximo horário para o ano de 2015 no Centro de Convenções de Pernambuco.

Fonte: Figueiredo (2016).

3.6 Melhorias no gerenciamento para o atendimento das demandas hídricas do empreendimento

Edificações onde Centros de Convenções são instalados possuem uma tipologia bastante específica: grandes dimensões nas suas instalações; presença de população fixa administrativa; numerosa população flutuante dos eventos; possui eventos funcionando diariamente, em geral, das 6h às 22h; ampla área de jardim; banheiros com muitos equipamentos hidrosanitárias; necessidade de limpezas constantemente; e presença do sistema de refrigeração na maioria das instalações, incluindo banheiros. Todos esses aspectos influenciam na demanda hídrica do empreendimento.

A adoção do poço como única alternativa para o suprimento das demandas hídricas demonstra a dependência e fragilidade do gerenciamento hídrico do empreendimento. Novas alternativas precisam ser adotadas para evitar problemas futuros caso existam problemas no sistema de bombeamento do poço. Em caso de comprometimento do funcionamento do poço, mesmo que temporariamente, são necessárias soluções alternativas. As propostas apresentadas neste estudo objetivaram aumentar o armazenamento, indicar novas fontes de abastecimento e medidas de conservação de água para o empreendimento.

Com o intuito de aumentar o armazenamento hídrico no CECON é fundamental realizar a ligação do reservatório 5 com a rede de instalação hidráulica permanentemente. Assim, uma capacidade de 1.000 m^3 de armazenamento seria

incorporada à edificação, podendo ser utilizada diariamente ou apenas quando o poço necessitasse de manutenção. Considerando o consumo médio diário durante 2015, 268,29 m^3/dia, esse reservatório conseguiria atender sozinho a demanda hídrica por mais de 3,5 dias. Tal fato também evitaria a ligação da bomba do poço constantemente.

Quando o forncecimento de água está comprometido, a solução mais rápida para não prejudicar a realização dos eventos é a compra de água de carro-pipa. Foram feitas três simulações para falta de água, estimando o custo que o CECON teria de arcar numa situação emergencial real durante o ano de 2015. Os preços utilizados são de duas empresas que fazem esse tipo de fornecimento de água e ficam localizadas na cidade do Recife. A primeira empresa trabalha com carro-pipa com capacidades de 20 m^3 (R$ 480,00) e a segunda utiliza caminhões com 25 m^3 (R$ 300,00).

A primeira simulação considerou a falta de água nos três dias de maior consumo, desconsiderando os consumos do dia com vazamento registrado no mês de janeiro e nos dias com falha no registro do equipamento de medição, como pode ser visto na Tabela 2. Nota-se que para o dia 24/02/2015 seriam necessários até 41 carros-pipas para suprir a demanda pela primeira empresa e 33 na segunda. Essa quantidade de veículos é muito alta e preocupante quando atrelada ao fato do trânsito de Recife ser caótico. Apesar do custo que o CECON teria que arcar variar bastante entre as empresas, é elevado por ser uma situação não planejada.

Data	Consumo (m^3)	Nº de carros-pipas (empresa 1)	Custo (empresa 1)	Nº de carros-pipas (empresa 2)	Custo (empresa 2)
24/09	814,17	41	R$19.680,00	33	R$9.900,00
25/02	640,43	33	R$15.840,00	26	R$7.800,00
12/07	510,85	26	R$12.480,00	21	R$6.300,00

Tabela 2 – Simulação de custo para o suprimento da demanda hídrica nos três dias de maior consumo durante o ano de 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

A segunda simulação partiu da suposição de que o problema com o poço seja solucionado após 72h, considerando os mesmos critérios que a simulação 1. A Tabela 3 mostra que seriam necessários 72 ou 58 caminhão-pipa para o suprir a demanda hídrica do empreendimento com custos extremamente elevados.

Data	Consumo (L)	Nº de carros-pipas (empresa 1)	Custo (empresa 1)	Nº de carros-pipas (empresa 2)	Custo (empresa 2)
11/07/2015	440,69	23	R$11.040,00	18	R$5.400,00
12/07/2015	510,85	26	R$12.480,00	21	R$6.300,00

13/07/2015	456,85	23	R$11.040,00	19	R$5.700,00
Total	1.408,39	72	R$34.560,00	58	R$17.400,00

Tabela 3 – Simulação de custo para o suprimento da demanda hídrica nos três dias consecutivos de maior consumo durante o ano de 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

A terceira e última simulação refere-se a falta de água durante todos os dias do evento considerado o mais importante da agenda do CECON por atrair um público elevado em relação aos demais eventos, a FENEARTE. Em 2015, aconteceu XVI edição dessa feira de artesanato, a maior da América Latina, que durou 11 dias atingindo um público de mais de 330.000 pessoas com 5.000 expositores de 51 nacionalidades que comercializaram seus produtos, movimentando milhões de reais. A partir da Tabela 4 observa-se que o consumo nesses dias foi de 2.596,90 m³ o qual dispenderia um custo de até R$ 65.760,00 considerando o fornecimento pela empresa 1.

Data	Consumo (m³)	Nº de carros-pipas (empresa 1)	Custo (empresa 1)	Nº de carros-pipas (empresa 2)	Custo (empresa 2)
02/06/2015	263,55	14	R$ 6.720,00	11	R$ 3.300,00
03/06/2015	192,22	10	R$ 4.800,00	8	R$ 2.400,00
04/06/2015	181,76	10	R$ 4.800,00	8	R$ 2.400,00
05/06/2015	221,26	12	R$ 5.760,00	9	R$ 2.700,00
06/06/2015	240,91	13	R$ 6.240,00	10	R$ 3.000,00
07/06/2015	272,40	14	R$ 6.720,00	11	R$ 3.300,00
08/06/2015	292,24	15	R$ 7.200,00	12	R$ 3.600,00
09/06/2015	284,12	15	R$ 7.200,00	12	R$ 3.600,00
10/06/2015	173,11	9	R$ 4.320,00	7	R$ 2.100,00
11/06/2015	261,21	14	R$ 6.720,00	11	R$ 3.300,00
12/06/2015	214,12	11	R$ 5.280,00	9	R$ 2.700,00
Total	2.596,90	137	R$ 65.760,00	108	R$ 32.400,00

Tabela 4 – Simulação de custo para o suprimento da demanda hídrica nos 11 dias consecutivos da FENEART em 2015.

Fonte: Figueiredo (2016).

Um grande problema que deve ser resolvido é a falta de pressão na rede de abastecimento pública. É fundamental que esse empreendimento de singular importância para o Estado de Pernambuco tenha garantido o abastecimento público de água.

De acordo com o Art. 49 da ARPE (2013) o CECON tem o direito de solicitar à

COMPESA as informações sobre a pressão da rede pública que chega à edificação. Caso essa pressão esteja em desacordo com o estabelecido, a concessionária precisa ajustar. Além disso, segundo o Art. 144 da ARPE (2013), fornecer água com pressão em desacordo com os limites estabelecidos, constitui infração sujeita à imposição da penalidade de multa à concessionária. Entretanto, se a COMPESA estiver cumprindo a pressão necessária, cabe ao CECON investir e realizar obras para que a água chegue aos reservatórios da edificação. Ressalta-se que essa solução, a longo prazo, seria bastante onerosa. O CECON possui um alto consumo de água que iria impactar diretamente o custo com tarifa de água, uma vez que atualmente não há cobrança pela água captada do poço.

Outra solução seria a perfuração de um novo poço para que um sistema de rodízio entre eles fosse estabelecido, possibilitando manutenções regulares sem gerar transtorno para a realização dos eventos. Também, caso houvesse falha em um deles, o outro poderia entrar em funcionamento, enquanto as medidas corretivas fossem realizadas. Essa medida seria a mais econômica a longo prazo, pois atualmente não há cobrança pelo uso das águas subterrâneas do Estado de Pernambuco.

Entretanto, os impactos ambientais para os recursos subterrâneos continuariam semelhantes pela proximidade com o atual. A explotação dos recursos hídricos subterrâneos pelo CECON já é excessiva, pois ao longo de 2015, o empreendimento consumiu em média 268,29 m^3/dia de água proveniente do poço, chegando a 2.945,24 m^3 em dias de maior consumo. Esse cenário pode ocasionar vários problemas, tais como: super explotação do aquífero, indução de água contaminada, avanço da cunha salina em subsuperfície e subsidência de solos.

Considerando o mapa de Zoneamento Explotável (Figura 7), utilizado como critério de análise de requerimentos de outorga em Pernambuco, observa-se que poço do CECON estaria situado na Zona C nos aquíferos do Cabo e Beberibe. Nessa região novos poços possuem um limite de vazão de outorga em 60 m^3/dia e os poços existentes devem reduzir a vazão em 15%. Assim, a APAC não outorgaria uma captação de 268,29 m^3/dia em um único poço para suprir as demandas hídricas da edificação, seriam necessários a perfuração de mais quatros.

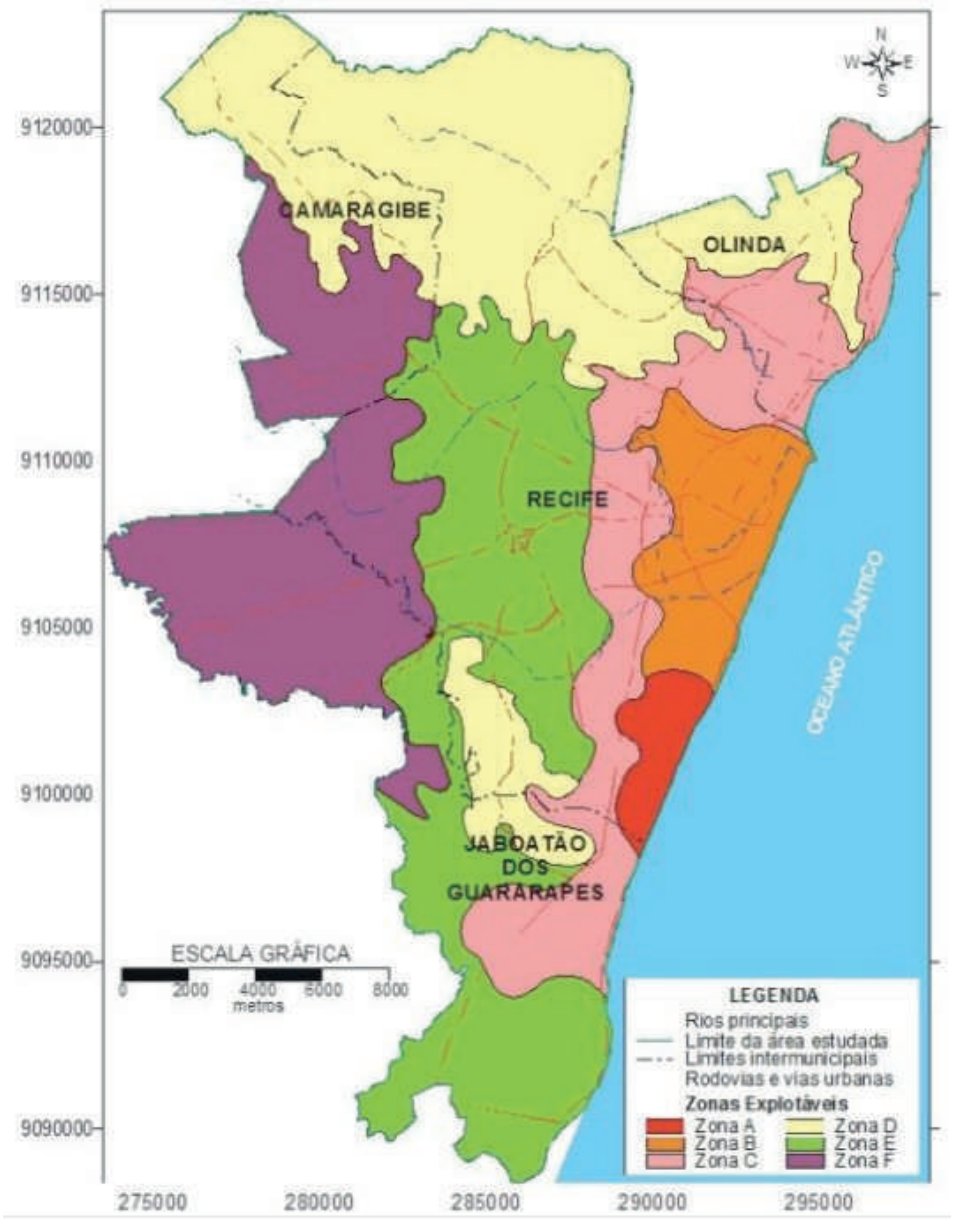


Figura 7 – Mapa de Zoneamento Explotável de água subterrânea nos municípios de Recife, Jaboatão dos Guararapes, Olinda e Camaragibe.

Fonte: Pernambuco (2003).

Também, uma medida sustentável para suprir as demandas hídricas dos jardins seria a captação de águas pluviais. Os jardins de invernos (internos) são regados mais frequentemente do que os externos com a água do poço.

A partir da análise dos dados pluviométricos (1980 a 2014), através de um pluviômetro localizado no Curado (Recife /PE), foi obtida a média anual histórica de 2.088,73 mm, como pode ser observado na Figura 8. Após essa análise e disposição física do empreendimento foi definido que a área destinada à captação da água de chuva seria de 1.739,62 m^2. Considerou-se uma área de coleta do telhado (Figura 9) que se encontrava mais próxima a um canal de drenagem, pois facilitaria no escoamento da água para o armazenamento da mesma, sendo necessária apenas a construção de um desvio que ligaria o canal ao reservatório.

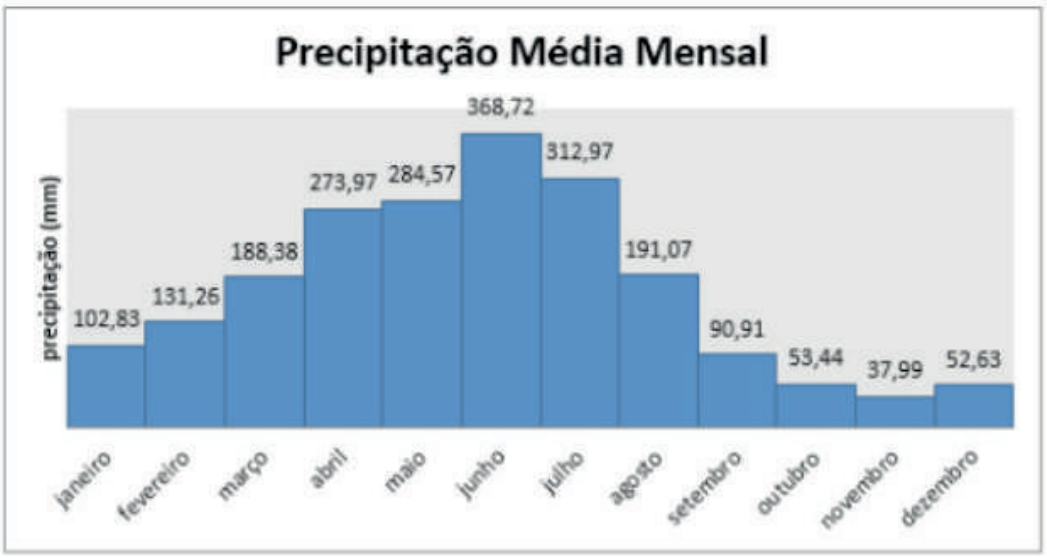


Figura 8 - Precipitação pluviométrica média mensais, entre os anos de 1980 a 2014.

Fonte: Figueiredo (2016).

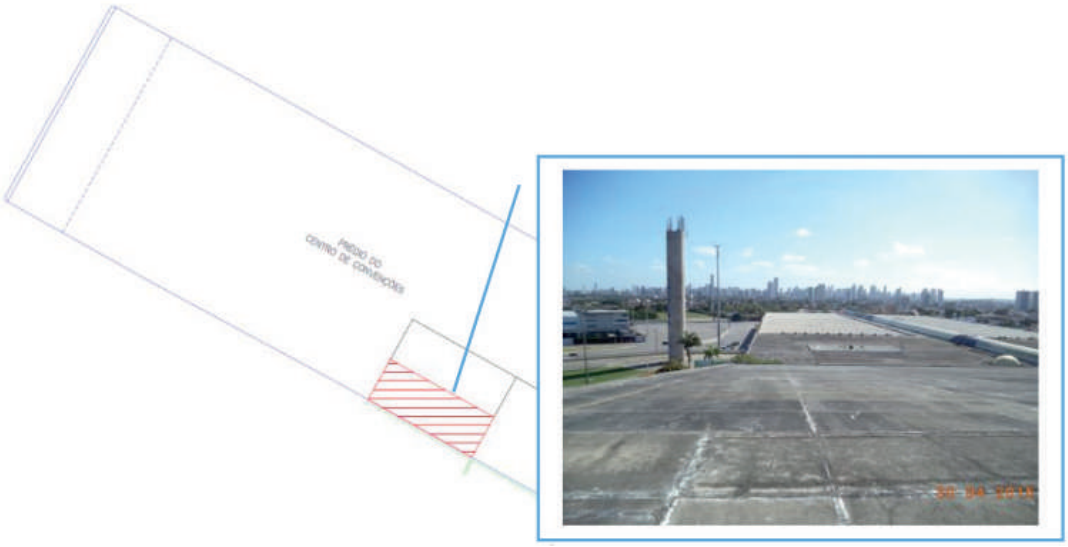


Figura 9 - Vista superior do telhado da EMPETUR onde a área em vermelho seria destinada a captação de água pluvial.

Fonte: Figueiredo (2016).

Apesar de existir outras áreas de telhados que poderiam ser também destinadas a coleta de chuva, o custo do investimento para captação seria bem maior, já que não existe a ligação do canal próximo ao reservatório 5 com essas áreas. Assim, a solução proposta parte do princípio em adequar as instalações já existentes com o menor custo.

A previsão do consumo de água que poderia ser substituído por água pluvial seria destinada às atividades de regar jardim. O cálculo baseou-se nos indicadores de consumo de água em atividades relacionadas a jardim da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). A quantidade de água consumida nesta atividade é de 2 L/m^2/dia. Este consumo, foi multiplicado pela sua frequência durante

o mês e somadas, obtendo assim, a demanda hídrica para regar os jardins mensal de aproximadamente 625 m^3 e a anual de quase 7.500 m^3.

O dimensionamento dos reservatórios para o armazenamento da captação de águas pluviais foi realizado através da utilização do programa Excel e Netuno, obedecendo à fundamentação teórica através dos métodos da NBR 15.527 (ABNT, 2007) que conduziram a valores distintos: Azevedo Neto (458 m^3), Alemão (172 m^3), Inglês (182 m^3) e Simulação (1000 m^3).

Comparando-se a capacidade dos reservátórios sugeridos por cada método com o volume médio de chuva mensal, obteve-se que no Azevedo Neto apenas no mês de junho o reservatório ficará completamente cheio, e nos demais meses ele sempre ficará ocioso. Enquanto isso, a partir do método prático Alemão, o reservatório ficaria cheio nos meses de fevereiro a agosto. No caso do método prático Inglês observa-se que apenas nos meses fevereiro a agosto o reservatório ficará completamente cheio.

O método da Simulação baseia-se na determinação do percentual de consumo que será atendido em função de um tamanho de reservatório previamente definido, sem considerar a evaporação da água. Então adotando que a capacidade simulada seriam 1000 m^3 (reservatório 5, atualmente subutilizado), o potencial de utilização de água pluvial no cenário simulado foi de 17,12% e o percentual de dias no período de análise em que a demanda é atendida corresponde: completamente (35,09%), parcialmente (18,46%), não atende (46,45%). Esse último reservatório nunca ficaria cheio e na maior parte do ano não conseguiria atender a demanda do jardim.

Portanto, qualquer que seja a capacidade dos reservatórios adotados a partir dos métodos da NBR 15.527 (ABNT, 2007) na maior parte dos meses não atenderia completamente a necessidade da rega de toda área de jardins, sendo necessário complementar com outra fonte de abastecimento. Porém, seria possível suprir o consumo dos jardins de inverno que são regados diariamente.

4 I CONCLUSÕES

O CECON é extremamente importante para o Estado, pois comporta os maiores eventos de Pernambuco. Milhões de pessoas, de diferentes classes econômicas e nacionalidades, participam anualmente das feiras, seminários, reuniões, congressos, exposições, festas e colações.

Os eventos nessas instalações são realizados diariamente e simultaneamente. Portanto, é notório que essa estrutura necessita de oferta hídrica garantida para atender suas demandas. Tal fato foi confirmado com análise do consumo em 2015, que chegou a 98.478,4 m^3 para o ano. Apesar deste número ser aparentemente elevado em comparação a outras edificações públicas, na maioria dos dias é justificável

em função dos eventos realizados. Cabe ressaltar que o consumo de água pode estar mascarado devido aos possíveis vazamentos decorrentes de patologias nas tubulações antigas que, muitas vezes, não podem ser consertadas imediatamente para não interferir nas atividades realizadas no CECON.

Entretanto, o grande problema é que toda essa água atualmente é fornecida exclusivamente por um único poço. Caso haja falha na captação de água do poço existente por qualquer problema técnico, o CECON ficará em uma situação complicada para atendimento imediato das demandas hídricas. Apesar de seus reservatórios ativos possuírem uma capacidade de 3.600 m^3, apenas 540 m^3 são destinados ao atendimento das instalações hidrossanitárias, valor reduzido em comparação com o consumo médio diário de 268,3 m^3.

As alternativas propostas neste trabalho para melhorar o abastecimento de água e propiciar a conservação desses recursos devem ser levadas em consideração combinadamente. Portanto, uma alternativa não exclui as outras necessariamente. Dessa forma, buscou-se garantir o aumento do armazenamento hídrico, dispor do abastecimento no cotidiano proveniente do poço e da concessionária, alertar para que haja uma reserva financeira para utilização de carros-pipas numa emergência e, por fim, propor a captação da água pluvial para utilização da parcial da necessidade da rega de jardim como uma medida de conservação dos recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA ESTADUAL DE REGULAÇÃO DE SERVIÇOS DELEGADOS DE PERNAMBUCO - ARPE. Resolução nº 85, de 08 de outubro de 2013. Estabelece as condições relacionadas ao segmento comercial referente aos serviços públicos de distribuição de água e de esgotamento sanitário. Lex: Resoluções ARPE, Pernambuco. Disponível em: < https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=260659>. Acesso em: 24 abr. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527: Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não-potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

CARNEIRO, R. L. Diagnóstico de eficiência de uso da água no campus da faculdade UNB Planaltina-DF. 2016. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade de Brasília, Planaltina, 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - FIESP. Conservação e reuso de água em edificações. São Paulo: 2005. 152 p. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.

FIGUEIREDO, A. A. O. Alternativas para melhorias ao atendimento das demandas hídricas do Centro de Convenções de Pernambuco. Recife. 2016. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

FIGUEIREDO, A. A. O.; SILVA, S. R. . Captações de águas pluviais em habitações de interesse social na Região Metropolitana do Recife. In: LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES, 2015, Guimarães. Connecting People and ideas. Proceedings of Euro-Elecs 2015... Guimarães: Multicomp, 2015. v. 2. p. 1077-1086.

GRIGG, N. S. Governance and Management for Sustainable Water Systems. London: IWA Publishing, 2011. 204 p.

MARQUES, A. J. L.; SILVA, S. B.; CRUVINEL, K. A. S.; FERREIRA, E. M. Uso racional da água em concessionária de veículos. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, Santa Maria, v. 19, n. 3, set-dez, 2015, p. 891-899.

PERNAMBUCO. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CRH. Resolução CRH nº 04, de 20 de novembro de 2003. Dispõe sobre a conservação e proteção das águas subterrâneas no Estado. Lex: Resoluções CRH, Pernambuco. Disponível em: <http://www.srhe.pe.gov.br/documentos/docs_crh/IL_Resolucao_CRH_04_2003.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2018.

RAMÍSIOA, P.; COSTAB, H.; GOUVEIAC, N.; AREZESD, D. A gestão da água na política de sustentabilidade da Universidade do Minho. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, Guimarães. Proceedings… Guimarães: 2016. p. 1-8.

SABOIA, A. Centro de Convenções de Pernambuco utilizará apenas energia solar. 08 jun. 2016. Disponível em: <http://www.blogdasppps.com/2016/06/centro-de-convencoes-de-pernambuco.html>. Acesso em: 24 abr. 2018.

SILVA, C. A. H. F. E. ; FIGUEIREDO, A. A. O. ; GOMES, M. M. A. ; SILVA, S. R. . Captação de águas pluviais em prédio público para fins de lavagem de veículos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 29, 2017, São Paulo. Anais... São Paulo: 2017. p. 1-12.

CAPÍTULO 13

APLICAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS EM HIDROMETRIA COM BASE EM ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICO FINANCEIRO

Data de aceite: 09/01/2020

Luiz Claudio Drumond
Engenheiro Mecânico pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade de Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) e Especialista em Automação Industrial pela CEFET/RJ – Atua no Departamento de Micromedição da CEDAE – Rio de Janeiro

RESUMO: Os medidores velocimétricos após algum tempo apresentam desgaste e começam a registrar consumo inferior ao real fornecido. Água fornecida e não contabilizada representa perda por submedição e pode impactar de forma significativa o faturamento de uma empresa de saneamento. Identificar os medidores na rede com desgaste, é premissa essencial para manter o controle adequado sobre o faturamento. Para isso torna-se necessário uma abordagem mais técnica e criteriosa, fundamentada na gestão da malha de micromedição. Os hidrômetros podem ter, dependendo do fabricante e tecnologia, desempenhos diferentes. Através da análise em laboratório, é possível identificar o ponto em que um tipo de medidor apresenta submedição elevada. O presente trabalho tem o objetivo de apresentar um método de análise que permita a identificação na rede dos medidores com desgaste e, com base em estudo de viabilidade econômica financeiro, determinar em quais clientes se aplicam medidores velocimétricos, volumétricos ou os eletrônicos denominados de medidores estáticos.

PALAVRAS-CHAVE: Submedição, Medidores estáticos, Viabilidade.

APPLICATION OF NEW HYDROMETRY TECHNOLOGIES BASED ON FINANCIAL ECONOMIC FEASIBILITY STUDIES

ABSTRACT: Velocity water meter after a time of use, create wear and begin to record lower consumption instead of the real. Water supplied and non-revenue represents a loss by sub-measurement and can significantly impact a water company's revenues. Identify worn meters in water system is an essential premise for maintaining proper control over billing. It requires a more technical and careful approach, based on the management of the micrometering mesh. Hydrometers may have different performances depending on the manufacturer and technology. Through laboratory analysis, it is possible to identify the point at which a type of meter has highest sub-measurement. The present work aims to present a method of analysis that allows the identification worn meters in water system and, based on a study of economic and financial viability, to determine which customers apply

velocity meters, volumetric meters or electronics called static meters.
KEYWORDS: Sub-measurement, Static Meters, Viability.

INTRODUÇÃO

Muitas empresas, concessionárias dos serviços de abastecimento de água vêm investindo em programas de redução e controle de perdas buscando melhoria nos seus indicadores e, objetivando também minimizar a retirada de água bruta dos mananciais. A melhoria do desempenho dos sistemas de abastecimento focada na redução de perdas tem impactado positivamente o grau de eficiência operacional e energética de empresas operadoras, refletindo na redução de gastos com insumos como produtos químicos, equipamentos e energia elétrica. No balanço hídrico proposto pela IWA as Perdas de Água têm uma abordagem direcionada aos volumes fornecidos e não faturados, designados de Perdas Aparentes, e se dividem em submedição por imprecisão dos hidrômetros, pois estes são aparelhos mecânicos que possuem desde sua fabricação, dificuldade em medir o volume efetivamente entregue em função do abastecimento indireto. As torneiras bóias das caixas d'águas provocam o amortecimento das vazões abaixo das capacidades dos hidrômetros. À medida que os hidrômetros se desgastam, os efeitos da submedição aumentam gradativamente. O percentual de submedição incide sobre todo o volume micromedido. As ligações clandestinas, hidrômetros fraudados e ligações com falhas de cadastros também representam uma parcela de Perda Aparente, mas não serão abordados no presente estudo. Como aliado no combate às perdas aparentes, temos percebido a chegada de novos medidores com diferentes princípios de funcionamento, mas com ênfase na eletrônica, os denominados medidores estáticos. Estes aparelhos apesar dos custos serem bem acima dos medidores convencionais podem contribuir para a redução das perdas aparentes, desde que um estudo de viabilidade econômico financeiro prévio seja feito para auxiliar na tomada de decisão.

TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA APLICAÇÃO NA MICROMEDIÇÃO–CUSTO X BENEFÍCIO

Além dos conhecidos e amplamente utilizados no Brasil e no mundo, os medidores velocímétricos, com os estudos recentes de Ensaios para Determinação dos Erros de Medição em conformidade com a norma ABNT 15538[1] tem proporcionado reflexões sobre os medidores volumétricos que, apesar do sua vulnerabilidade relacionada a travamento por particulado em suspensão, seu ponto forte é a performance apresentada frente aos velocimétricos, considerando que no Brasil o abastecimento indireto evidencia ainda mais os efeitos da submedição.

Atualmente encontramos também disponíveis no mercado medidores para medição e faturamento com a tecnologia ultrassônica ou eletromagnética com baterias de alta performance embarcada, proporcionando precisão e durabilidade superior aos hidrômetros convencionais mecânicos. Outra vantagem destes medidores é que, por não possuírem partes móveis, não são suscetíveis a travamentos ou desgastes, fato frequente nos medidores de turbinas, limitando a permanência destes na rede em poucos anos em média. Mas se por um lado temos maior precisão e durabilidade, por outro lado os custos de aquisição para aplicação podem inviabilizar o investimento. O custo para aquisição de cada tipo de medidor tem obedecido a seguinte relação apresentada na Tabela 1:

FAIXA DE MEDIÇÃO	TECNOLOGIA	CUSTO*	ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO (IDM_N)
0 ~5 m³/h	**Velocimétrico Classe B**	**C_1**	**93 ~96 %**
	Volumétrico Classe C	**2 C_1**	**98 %**
	Ultrassônico R 250	**6 C_1**	**99%**

Tabela 1: Relação de Custo Médio de Medidores por Tecnologia x IDM.

(*) O uso desta tabela deve ser precedido de uma pesquisa de mercado, atualizando a relação de custo sugerida a título de exemplo.

DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE DESEMPENHO DA MEDIÇÃO: ESTUDOS EM LABORATÓRIO

A metodologia consiste em obter o IDM de amostras estratificadas de hidrômetros novos e usados, por fabricante, tipo e capacidade. Para o presente estudo, os ensaios foram realizados no Laboratório de Medidores da CEDAE/RJ, certificado pela Inmetro, em conformidade com a ISO 17025, através do CRL 1083.



Figura 1: Laboratório de Medidores da CEDAE-RJ e Bancada de Ensaio de IDM.

O plano de amostragem foi montado contendo diferentes faixas de volume

totalizado nos hidrômetros retirados da rede. Em conformidade com a ABNT NBR 15538[1] o IDM, Índice de Desempenho da Medição pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$IDM = 100 * Epi \qquad \text{Equação (1)}$$

Os ensaios de avaliação de eficiência de medidores tomam como base o perfil de consumo típico de abastecimento domiciliar sendo obtido pela associação entre o perfil de consumo e o erro relativo apresentado pelo medidor de água (Epi), nas faixas de vazões detalhadas na Figura 2.

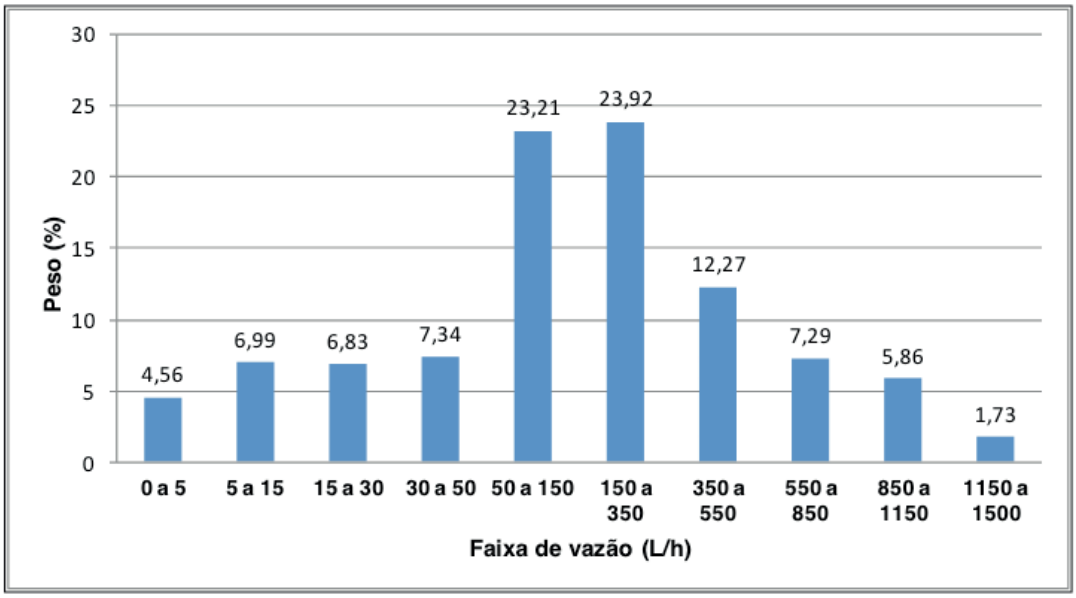


Figura 2: Histograma elaborado e função perfil típico de abastecimento domiciliar.

Realizando ensaios definidos pela norma em (n) amostras e adotando critérios estatísticos utilizando a distribuição (t) de Student pela Equação (2) os dados obtidos são plotados em um gráfico conforme apresentado na figura 3.

$$(\bar{x} - t_{(n-1,0.05)} \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad , \quad \bar{x} + t_{(n-1,0.05)} \times \frac{s}{\sqrt{n}}). \qquad \text{Equação (2)}$$

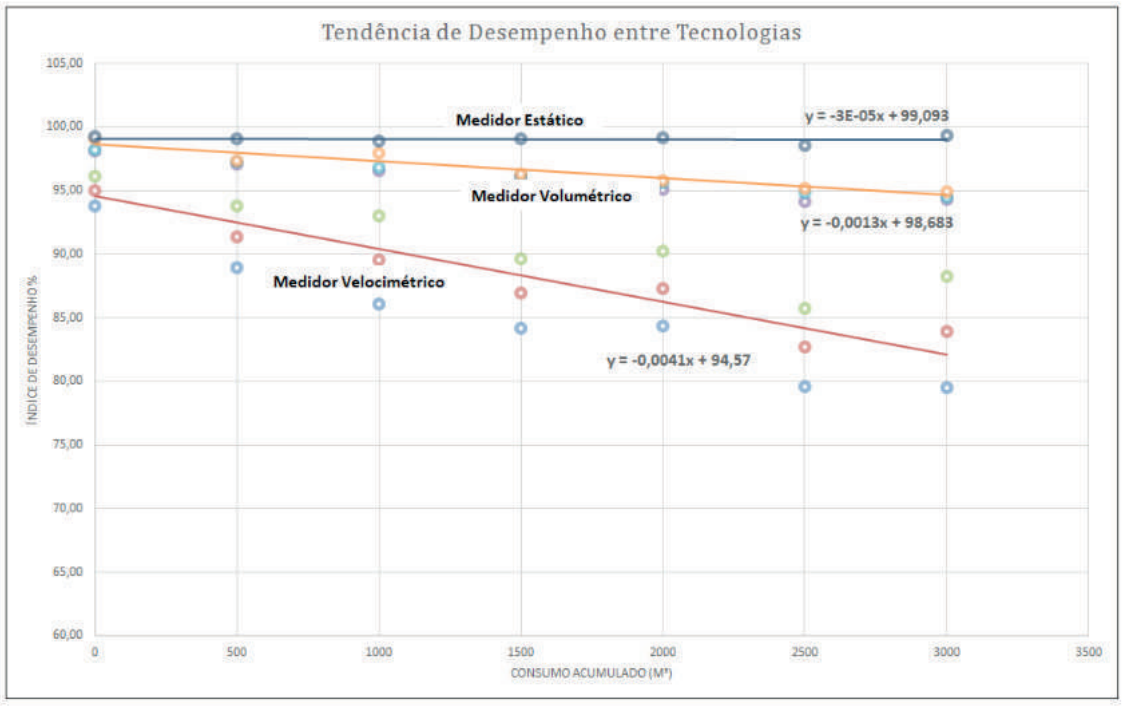


Figura 3: Tendência de desempenho metrológico–Medidor Velocimétrico x Volumétrico x Estático.

As linhas de tendência evidenciam que os medidores estáticos não sofrem desgaste e mantém a performance, mas no caso dos medidores Velocimétricos e Volumétricos, o IDM sofre decaimento à medida que o volume acumulado aumenta, comprovando que o desgaste é função do número de rotação da turbina e não do tempo de instalação. As equações lineares podem ser reescritas em função da Leitura (L) de cada medidor e do IDM. Estas equações representam a efetividade de medição dos medidores unijatos marca (x), volumétrico marca (y) e ultrassônico marca (z). Por exemplo a efetividade de medição dos medidores velocimétricos unijatos, marca (x) é:

$$IDM(L) = -0{,}0041 * L + 94{,}57$$

Equação (3)

VOLUME SUBMEDIDO EM UM MEDIDOR EM USO

O primeiro passo na escolha de qual medidor deve ser aplicado em substituição ao medidor existente no campo é identificar qual desempenho da medição que o hidrômetro em uso está apresentando. Com base no volume submedido (Vs) será possível calcular o potencial de recuperação de receita. A fórmula é:

$$Vs = \mathrm{Vm} * \left(\frac{\mathrm{IDMn}}{\mathrm{IDMuso}} - 1\right)$$

Equação (4)

Sendo:

Vm= Volume médio mensal

IDMn- Índice de Desempenho do Hidrômetro novo (%)

IDMuso- Índice de Desempenho do Hidrômetro em uso (%)

CÁLCULO DA RECUPERAÇÃO FINANCEIRA APÓS TROCA DO MEDIDOR

Devemos considerar que uma troca de hidrômetro com desgaste por um novo medidor proporcionará uma melhora na medição e possivelmente no faturamento. Esta melhora será em função do desgaste do medidor em uso, da qualidade do novo medidor e do valor da tarifa, obedecendo a estrutura tarifária de cada companhia. Como exemplo utilizamos a Estrutura Tarifária da CEDAE vigente em Janeiro de 2017 na tabela 2:

TARIFA	FAIXA	VALOR DA TARIFA
T_1	0 ~15 m³/mês	R$ 3,54
T_2	>15 ~30 m³/mês	R$ 7,80
T_3	>30 ~45 m³/mês	R$ 10,63
T_4	>45 ~60 m³/mês	R$ 21,27
T_5	>60 m³/mês	R$ 28,36

Tabela 2: Estrutura Tarifária – CEDAE Jan/2017

Portanto podemos obter valor mensal recuperado () após a troca de um hidrômetro utilizando a seguinte expressão:

$$Rf = Vs * T$$ Equação (5)

$$Rf = \left(Vm * \left(\frac{-0{,}0041 * L0 + 94{,}57}{-0{,}0041 * Luso + 94{,}57} - 1\right)\right) * T$$

Caso a localidade possua o serviço de coleta, transporte e tratamento de esgoto, o valor mensal recuperado é multiplicado por 2, então a expressão será:

$$Rf = \left(Vm * \left(\frac{-0{,}0041 * L0 + 94{,}57}{-0{,}0041 * Luso + 94{,}57} - 1\right)\right) * T * 2$$

1° Exemplo – Troca de um medidor em uso por um novo velocimétrico:

Em um cliente com volume medido no hidrômetro velocimétrico tipo unijato marca x em uso de 16 m³/mês com leitura de 850 m³, qual será a perda por submedição recuperada e qual será o valor mensal recuperado caso seja efetuada a substituição por um mesmo hidrômetro da mesma marca, porém novo?

Cálculo da Perda por submedição recuperada:

$$Vs = 16 * (\frac{-0{,}0041 * 0 + 94{,}57}{-0{,}0041 * 850 + 94{,}57} - 1)$$

$Vs = 0{,}61\ m^3/mês$ ou $Vs = 20{,}4\ litros/ligação.dia$

Cálculo da valor mensal recuperado

Considerando a segunda faixa Tarifária utilizaremos T_2= R$ 7,80

$$Rf = \left(16 * \left(\frac{-0{,}0041 * 0 + 94{,}57}{-0{,}0041 * 850 + 94{,}57} - 1\right)\right) * 7{,}80 * 2$$

$Rf = R\$\ 9{,}54/mês$ Recuperação do Faturamento

Neste caso a substituição de um medidor antigo por um novo irá proporcionar um Valor de Faturamento Recuperado em R$ 9,54 / mês.

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE ECONÔMICA FINANCEIRA

As boas práticas de gestão de projetos sugerem estudos prévios de viabilidade econômica. A essência da avaliação econômico-financeira é medir o retorno de um projeto de maneira comparável com outros investimentos. O primeiro passo para a realização da avaliação econômica é a montagem do fluxo de caixa, isto é, a definição do fluxo de entradas e saídas de dinheiro durante o ciclo de medição desejado. A avaliação utilizando o Fluxo de Caixa auxiliará no processo de tomada de decisão. Portanto no exemplo citado teremos o seguinte fluxo de caixa, considerando que o custo tenha sido da ordem de R$ 80,00, sendo R$ 50,00 a compra do medidor e R$ 30,00 o custo de Mão de Obra de substituição:

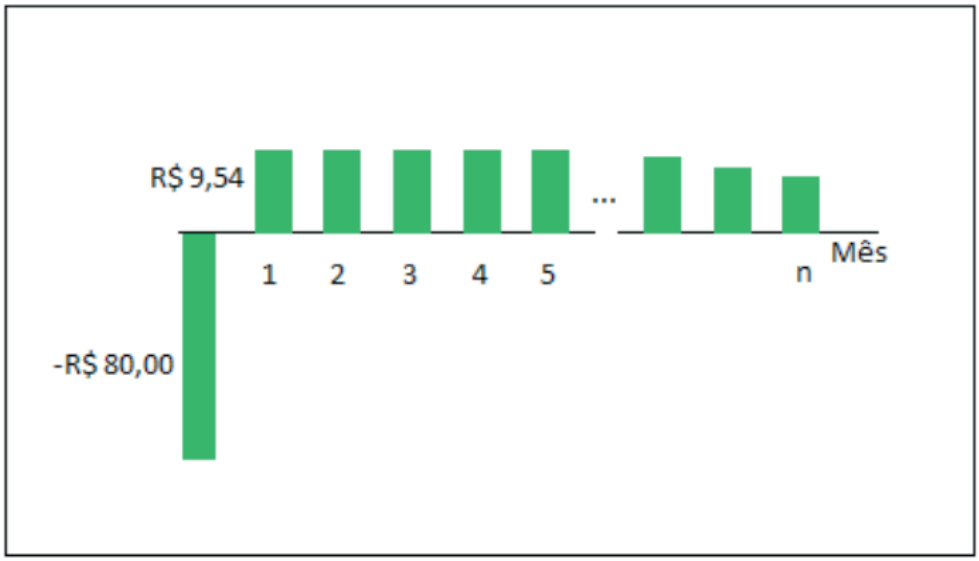


Figura 4: Fluxo de caixa da substituição do medidor em uso por novo medidor.

Para calcular o Valor Presente Líquido usamos a seguinte equação:

$$VPL = \left(\left(\frac{FC1}{(1+I)^1} + \frac{FC2}{(1+I)^2} + \cdots \frac{FCn}{(1+I)^n}\right)\right) - FC0$$

Equação (6)

O Valor Presente Líquido de uma substituição possui as seguintes possibilidades de resultado:

- Maior do que zero a troca é economicamente viável.
- Igual a zero: não terá retorno
- Menor do que zero: não é economicamente atrativo.

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DO MEDIDOR VELOCIMÉTRICO

Portanto, para uma taxa estimada em 8% ao ano, o Valor Presente Líquido em 12 meses do exemplo apresentado será : VPL = R$ 26,00

Com base no exemplo anterior, podemos constatar que a troca é economicamente viável, considerando que o VPL em 12 meses será positivo e o Pay back do investimento de R$ 80,00 ocorrerá em 9 meses.

2º Exemplo – Troca de um medidor em uso por um medidor volumétrico:

Adotando-se o mesmo cliente do exemplo anterior com volume medido no hidrômetro velocimétrico tipo unijato marca x em uso de 16 m³/mês com leitura de 850 m³, qual será a perda por submedição recuperada e qual será o valor mensal recuperado caso seja efetuada a substituição por um hidrômetro **volumétrico**, porém novo?

Comentário: Substituindo o medidor antigo por um medidor **volumétrico** de 1,5 m³/h classe C com Custo = 2C, considerando o IDMn = - 0,0013*L+ 98,6 teremos:

$$Vs = 16 * \left(\frac{-0{,}0013 * 0 + 98{,}6}{-0{,}0041 * 850 + 94{,}57} - 1\right)$$

$Vs = 1{,}32\ m^3/mês$ ou $Vs = 44{,}0\ litros/ligação.dia$

Cálculo da valor mensal recuperado

Considerando a segunda faixa Tarifária utilizaremos T_2= R$ 7,80

$$Rf = \left(16 * \left(\frac{-0{,}0013 * 0 + 98{,}6}{-0{,}0041 * 850 + 94{,}57} - 1\right)\right) * 7{,}80 * 2$$

$Rf = R\$\ 20{,}59/mês$ Recuperação do Faturamento

Neste caso a substituição de um medidor antigo por um novo volumétrico irá proporcionar um Valor de Faturamento Recuperado em R$ 20,59 / mês.

AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE DO MEDIDOR VOLUMÉTRICO

O Fluxo de Caixa substituindo o medidor antigo por um medidor **volumétrico** de 1,5 m³/h classe C com Custo = 2C (R$ 160,00), terá um VPL = 76,00 e o Pay back em 8 meses, tornando esta opção de troca mais vantajosa.

Podemos concluir que apesar do custo do medidor volumétrico ser superior, o resultado financeiro ao longo de 1 (um) ano demonstra-se favorável à aplicação da tecnologia volumétrica nos clientes com perfil do exemplo apresentado.

AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS

Com base no presente estudo será possível avaliar cenários para cada caso, conforme o próximo exemplo:

Considerando clientes com consumo acumulado em torno de 1.000 m³ no totalizador, com medidores velocimétricos instalados e estabelecendo o retorno financeiro por cada tipo de medidor, é possível criar cenários para a tomada de decisão e escolha da tecnologia empregada. Nesta análise foi adotada uma taxa de 12% ao ano.

Consumo Médio (m³/mês)	Velocimétrico			Volumétrico			Estático		
	Payback	VPL	TIR	Payback	VPL	TIR	Payback	VPL	TIR
14	13	R$ 86,36	8%	11	R$ 268,07	9%	27	R$ 50,79	2%
15	11	R$ 111,49	10%	10	R$ 315,00	11%	24	R$ 108,06	3%
16	10	R$ 138,47	11%	10	R$ 364,20	12%	22	R$ 168,02	3%
17	9	R$ 167,30	13%	9	R$ 415,69	13%	20	R$ 230,70	4%
18	8	R$ 198,01	15%	8	R$ 469,49	15%	19	R$ 296,11	5%
19	7	R$ 230,60	17%	8	R$ 525,63	16%	17	R$ 364,29	5%
20	7	R$ 265,10	19%	7	R$ 584,11	17%	16	R$ 435,24	6%
21	6	R$ 301,52	21%	7	R$ 644,96	19%	15	R$ 509,00	7%
22	6	R$ 339,88	24%	6	R$ 708,21	21%	14	R$ 585,59	7%
23	5	R$ 380,19	26%	6	R$ 773,86	22%	13	R$ 665,03	8%
24	5	R$ 422,46	29%	6	R$ 841,94	24%	12	R$ 747,35	9%
25	5	R$ 466,72	32%	5	R$ 912,47	26%	12	R$ 832,56	9%
26	4	R$ 512,99	34%	5	R$ 985,46	27%	11	R$ 920,70	10%
27	4	R$ 561,27	37%	5	R$1.060,95	29%	11	R$1.011,79	11%
28	4	R$ 611,58	40%	5	R$1.138,95	31%	10	R$1.105,85	12%
29	4	R$ 663,95	44%	4	R$1.219,48	33%	10	R$1.202,91	12%
30	4	R$ 718,39	47%	4	R$1.302,57	35%	9	R$1.302,99	13%
31	3	R$ 851,64	55%	4	R$1.527,17	41%	8	R$1.575,39	15%
32	3	R$ 915,53	59%	4	R$1.623,35	43%	8	R$1.691,13	16%
33	3	R$ 981,73	63%	4	R$1.722,39	46%	7	R$1.810,25	17%
34	3	R$1.050,27	67%	4	R$1.824,30	48%	7	R$1.932,78	18%
35	3	R$1.121,16	72%	3	R$1.929,12	51%	7	R$2.058,74	19%

Tabela 3: Análise de Viabilidade por tipos de medidores

TOMADA DE DECISÃO COM BASE NO CENÁRIO APRESENTADO

Para medidores identificados no campo, com leitura em torno de 1.000 m³, a tecnologia a ser empregada em cada substituição será definida com base na

Taxa Interna de Retorno (TIR) que deverá ser próximo ou superior à taxa de juros estabelecida, adotando como a melhor opção, o maior VPL apresentado comparando as tecnologias. Com base nesta premissa teremos a seguinte decisão:

Aplicação de Medidores Velocimétricos – Consumo entre 0 à 15 m³/mês

No caso da estrutura tarifária adotada, onde a tarifa mínima é de 15 m³ mês, não haverá retorno financeiro significativo nas trocas, mas é recomendável sua substituição ou verificação subsequente em intervalo não superior a 7 anos em conformidade com o Regulamento Técnico Metrológico[2] do Inmetro, aprovado pela Portaria 295/2018, e por este motivo o medidor velocimétrico se apresenta a melhor opção.

Aplicação de Medidores Volumétricos – Consumo entre 16 à 30 m³/mês

Com base na tabela 3, o medidor volumétrico apresenta-se como a melhor opção na faixa de consumo, entre 16 à 30 m³/mês considerando que a TIR é superior ao medidor ultrassônico nesta faixa e o VPL apresenta-se superior, se comparado com as demais tecnologias.

Aplicação de Medidores Estáticos – Consumo maior que 30 m³/mês

Em clientes com consumo á partir de 30 m³ mês observa-se que a tecnologia ultrassônica se mostra como uma opção preferencial, pois o VPL é superior. A TIR também é superior a 12% comprovando a viabilidade da estratégia empregada.

CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, concluiu-se que:

> O método apresentado pode ser empregado em diferentes estruturas tarifárias e permitirá a escolha correta de qual tecnologia deverá ser empregada;
>
> Os resultados apresentados demonstram que as trocas de medidores são necessárias e as ações devem ser realizadas com critérios e métodos bem definidos visando o maior retorno possível do investimento aplicado;
>
> Devido a diversificação de medidores instalados no campo o método proposto é eficaz desde que seja definindo para cada nicho de clientes as tecnologias distintas. Com isso será possível obter os melhores resultados com o menor investimento possível;

Os medidores estáticos, apesar do custo elevado, demonstram-se viáveis, desde que seja precedido do presente estudo.

REFERÊNCIAS

1. ABNT 15538. Medidores de água potável - Ensaios para avaliação de eficiência. São Paulo. Publicada em 9/12/2011 e substituída em 2014.

2. Portaria 295/2018. Regulamento Técnico Metrológico do Inmetro – Medidores de água potável fria ou quente. Publicada em 28/06/2018.

CAPÍTULO 14

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 KUBITSCHEK UTILIZANDO O SOFTWARE EPANET

Data de aceite: 0601/2020

Data de submissão: 01/11/2019

Stefan Igreja Mühlhofer
Superintendência de Projetos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.
Brasília – Distrito Federal
StefanMuhlhofer@caesb.df.gov.br

Carolina Silva de Oliveira Sá Teles
Superintendência de Projetos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb.
Brasília – Distrito Federal
CarolinaOliveira@caesb.df.gov.br

RESUMO: O trabalho apresenta uma metodologia de levantamento de dados para subsidiar os projetos de Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) utilizando uma base comum que permite a permuta de informações em ambos os sistemas. Esta metodologia foi utilizada no projeto de concepção da complementação do SAA do Park Way abrangendo o Aeroporto Internacional de Brasília, entre outros setores, no Distrito Federal. A estruturação proposta visa agregar as informações pertinentes aos projetos dos sistemas de água e esgotamento sanitário – população atendida, consumo *per capita*, índice de perdas, produção *per capita*, variações horárias do consumo (K2), variações diárias do consumo (K1), taxa de ocupação das unidades residenciais e coeficiente de retorno (C) – associando a elas uma poligonal, um dado espacial. Desta forma se produzem as Unidades de Projeto (UPs), áreas espacialmente definidas consideradas homogêneas do ponto de vista dos parâmetros de interesse para projetos de saneamento. Este trabalho apresenta a metodologia adotada em um projeto piloto realizado na Gerência de Concepção e Microssistemas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito federal – CAESB com o objetivo de facilitar consultas que enfoquem áreas menores de projeto dando mais celeridade e acurácia às situações que se apresentem.

PALAVRAS-CHAVE: Software Epanet. Adução de Água Tratada. Sistema de Abastecimento de Água. Reservação de Água Tratada. Discretização de Dados de Concepção de Projeto de Saneamento.

SANITATION PROJECT DATA COLLECTION METHODOLOGY APPLIED TO THE WATER SUPPLY SYSTEM OF THE REGION OF THE BRAZILIAN INTERNATIONAL AIRPORT PRESIDENT JUSCELINO KUBITSCHEK USING THE SOFTWARE EPANET

ABSTRACT: The work presents a data collection methodology to support the Water Supply Systems (SAA) and Sanitary Sewage Systems (SES) projects using a common basis that allows the exchange of information in both systems. This methodology was used in the Park Way SAA complementation project, covering Brasília International Airport, among other sectors, in the Federal District. The proposed structure aims to add the pertinent information to the water and sewage systems projects - population served, per capita consumption, loss rate, per capita production, hourly variations of consumption (K2), daily variations of consumption (K1), rate of occupation of residential units and coefficient of return (C) - associating to them a polygonal, a spatial data. In this way the Project Units (UPs) produces a spatially defined areas considered homogeneous from the point of view of the parameters of interest for sanitation projects. This paper presents the methodology adopted in a pilot project carried out by the Design and Microsystems Management of the Federal District Environmental Sanitation Company - CAESB with the objective of facilitating consultations that focus on smaller project areas, giving faster and more accurate situations.
KEYWORDS: Software Epanet. Treated Water Adduction. Water Supply System. Reservoir of Treated Water. Data Discretization for Sanitation Project Conception.

1 I INTRODUÇÃO

Este trabalho foi realizado no âmbito da Superintendência de Projetos da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – Caesb para selecionar a alternativa mais adequada à nível de concepção para o SAA do Park Way, tendo em vista as dificuldades operacionais do sistema, a disponibilidade hídrica insuficiente de uma das fontes de abastecimento, as obras de ampliação do Aeroporto Internacional de Brasília, e o crescimento observado da demanda da área de projeto.

A fim de permitir um maior número de cenários estudados e, assim, selecionar a alternativa mais adequada, idealizou-se um conceito de regionalização para as áreas de abastecimento de forma a facilitar consultas futuras que enfoquem áreas menores de projeto, bem como auxiliar nos projetos de SES da mesma região. Portanto, este trabalho serviu de projeto piloto para esta forma de discretização de dados denominada de Unidades de Projeto UPs).

Para tanto, optou-se por realizar as seguintes verificações do SAA estudado: sistema produtor e desempenho das adutoras e subadutoras. Em ambas as verificações se utilizou como ferramenta de análise o software EPANET versão 2.0, desenvolvido pela U. S. Environmental Protection Agency (USEPA).

2 I CONHECENDO O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO PARK WAY

Do ponto de vista urbanístico, o SAA do Park Way abrange os Setores 1 e 2

do Setor de Mansões Park Way (SMPW), o Aeroporto Internacional de Brasília e o Núcleo Rural Vargem Bonita.

Do ponto de vista das fontes de abastecimento, o sistema SAA é composto pelas captações do Catetinho Baixo CAP.CTB.001 e CAP.CTB.002; e pelo reservatório apoiado RAP.PKW.001. O Setor 1 do SMPW e o Aeroporto Internacional de Brasília são abastecidos pelo RAP.PKW.001, cuja água provém do Sistema Descoberto. Originalmente o Setor 1 do SMPW era abastecido pelas captações do Catetinho Alto (CAP.CTA.001 e CAP.CTA.002), entretanto atualmente estas captações foram desativadas por falta de cota disponível para suprir o RAP.PKW.001.

O Setor 2 do SMPW e Vargem Bonita são abastecidos pelas captações do Catetinho Baixo CAP.CTB.001 e CAP.CTB.002, que ocorrem no Ribeirão do Gama. Este setor não possui uma unidade de reservação, e a água captada passa por uma Unidade de Tratamento Simplificado (UTS.CTB.001), e em seguida é distribuída por gravidade até o as fontes consumidoras, com exceção dos Conjuntos 15 e 16 da Quadra 17, que contam com uma elevatória tipo booster no seu abastecimento (EBO.PKW.002).

As dificuldades operacionais que motivaram uma nova concepção que funcionasse de forma complementar ao SAA existente foram as seguintes:

- Falta de energia elétrica na UTS.CTB.001: por essa área se localizar em ponta de rede da Companhia de Energia Elétrica de Brasília (CEB), tem-se verificado constantes falhas no fornecimento de energia, o que provoca deficiência no padrão do tratamento e tem exigindo interrupção do abastecimento;

- Rompimento constante da adutora que abastece o Setor 2 do SMPW (AAT. CTB.010), de fibro-cimento com ø = 350 mm;

- Baixa produção no período de estiagem das captações CAP.CTB.001 e CAP. CTB.002;

- Em períodos de chuvas intensas, a UTS Catetinho tem dificuldade em manter a turbidez abaixo do Valor Máximo Permitido – VMP definido pela Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.

- Intermitência de fornecimento de água na área do Aeroporto Internacional de Brasília. À época, o Aeroporto operava com demanda reprimida e estavam previstas obras de ampliação para todo o complexo aeroportuário. Isso aumentaria significativamente sua demanda, agravando as dificuldades de abastecimento se a configuração desse SAA não fosse ampliada.

Todas estas situações exigiram adequações no sistema, especialmente quanto à produção e adução.

3 I DEFININDO AS UNIDADES DE PROJETO

O SP é subdividido considerando as seguintes condicionantes:

- Setores Urbanos semelhantes (mesmo consumo per capita e padrões de crescimento populacional);
- Setores de Abastecimento, compostos basicamente das Unidades de Distribuição de Água e suas zonas de pressão (mesmos índices de perdas, mesmos padres de consumo k1 e k2); e
- Setores de Esgotamento, considerando as bacias de esgotamento (mesmos coeficiente de retorno e bacia de esgotamento).

Realizada esta etapa de discretização de dados, produzem-se as poligonais de cada região com dados semelhantes. As UPs, que são, portanto, um polígono único com associação geoespacial, que não ultrapassa nenhum dos seguintes polígonos: Região Administrativa, Setor Urbano, Setor de Água e Setor de Esgoto. A Figura 1 ilustra a disposição da UPs na poligonal do Setor de Projeto.

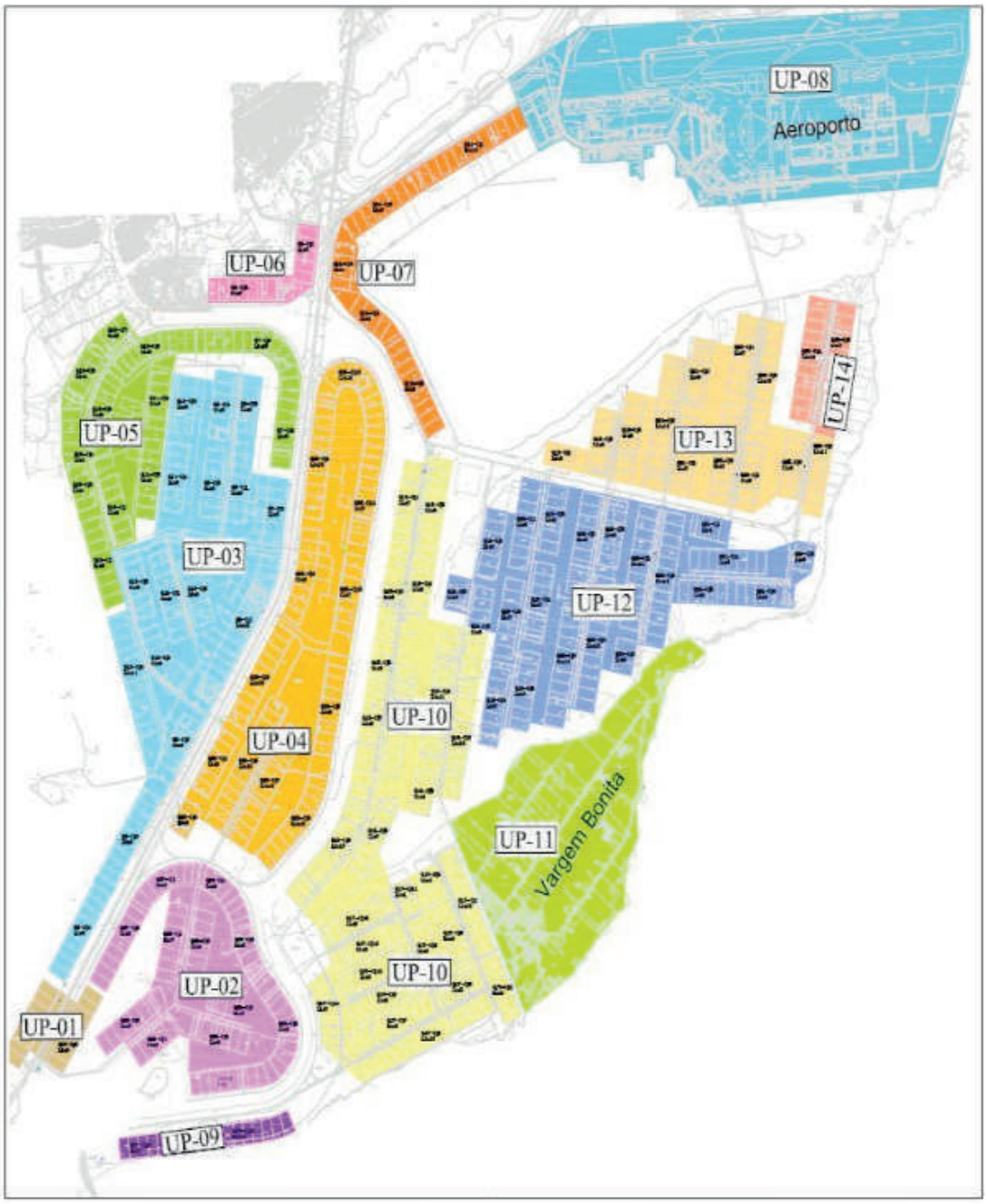


Figura 1: Unidades de Projeto definidas para o Setor de Projeto – Park Way

Definidas as UPs, foi realizada a análise de crescimento populacional de cada UP, bem como os índices de perdas, consumo per capita, e padrões de consumo a fim de se obter as demandas de fim de plano de cada uma das 14 UP definidas para a área de projeto (Figura 1).

O crescimento populacional considerou as informações constantes no PDOT/DF-2009 no que tange a previsão e forma de ocupação das áreas Park Way Setores 1 e 2, bem como a região do Núcleo Hortícula Suburbano Vargem Bonita, além das contagens dos lotes feitas pela Administração Regional do Park Way para elaboração do plano diretor da RA. Não foram encontradas informações oficiais sobre a Vargem Bonita, portanto foi feita uma contagem em campo dos lotes vazios e característica de ocupação.

Tanto o Park Way quanto Vargem Bonita foram classificados no PDOT/DF-2009 como Zona Urbana de Uso Controlado I, com baixa densidade demográfica e sem previsão de alteração dessa classificação para o futuro. Dessa forma, a ocupação máxima aceita nesse projeto para o Park Way foi a saturação dos lotes parcelados em 8 frações, da mesma forma que está sendo considerado pela Administração do Park Way em seus estudos para a elaboração do seu Plano Diretor Local (PDL).

Quanto ao Aeroporto, foi fornecida a planta da 1ª fase de ampliação e a planta com a configuração final da área do Aeroporto (horizonte 2029), dados estimados de demanda de água de longo prazo do Terminal de Passageiros (TPS) e outras áreas afins, e informações quanto ao crescimento do movimento de passageiros até o ano de 2029.

No que diz respeito ao consumo per capita, é importante destacar que os Setores 1 e 2 do SMPW estão formalmente inseridos na Região Administrativa do Núcleo Bandeirante, porém possuem características de consumo muito elevadas às observadas nas demais áreas do Núcleo Bandeirante. Optou-se por utilizar então, os valores de per capita da RA Lago Norte (294,0 L/hab/dia) nos cálculos de demanda das UPs inseridas no SMPW.

Por outro lado, a Vargem Bonita não apresenta consumo per capita equivalente ao do Lago Norte, em virtude de possuir características de ocupação e renda bem diferenciada do Park Way. Assim, foi considerado o per capita mínimo para a área que é de 120,0 L/hab/dia, adequando-se à realidade socioeconômica do local.

No caso do Aeroporto Internacional de Brasília, os dados de demanda considerados no projeto de expansão de todo o complexo do Aeroporto têm horizonte de projeto para 2029.

Para os índices de perdas, optou-se neste projeto pela utilização de IP = 30,90% para todos os cenários estudados (2010, 2015, 2020, 2025, 2030, 2035, 2040). Sabe-se que esta solução permanece conservadora uma vez que se percebe a tendência de serem atingidos valos inferiores de IP nos próximos anos. No entanto, entende-se que esta solução é menos conservadora.

Para a determinação do consumo per capita incorporou-se as perdas de água do sistema de abastecimento ao consumo efetivo per capita, conforme se observa na equação (01):

$$q = q_e/(1-IP) \qquad (01)$$

Onde: q = consumo per capita de água; q_e = consumo efetivo per capita de água; IP = índice de perdas.

Por fim, foram definidos os coeficientes de variação de vazão. Para o Coeficiente do dia de maior consumo, utilizou-se o valor de literatura K1= 1,2.

O padrão temporal adotado para o K2, corresponde ao período de 24 horas,

sendo que a cada hora é atribuído em fator multiplicativo, o qual está associado às variações de consumo de água ao longo do dia. Este padrão inicia à 01:00 hora, horário em que o valor do fator é pequeno (0,878), correspondendo ao baixo consumo que ocorre durante a madrugada, e tem seu valor de pico às 12:00 horas correspondente à 1,403. No entanto, este valor de pico foi alterado para 1,5 de forma que não se utilizasse valores inferiores ao valor referencial bibliográfico onde K2 = 1,5. A definição do padrão temporal permite ao modelo de simulação considerar os momentos de maior consumo e representar com mais fidelidade as características do sistema de distribuição de água, assim como o comportamento do nível do reservatório.

Assim, a vazão de projeto foi calculada como mostra a equação (02):

Q_h=(nº de habitantes x consumo per capita x K1 x f(K2))/86.400 (02)

Onde: Q_h: Vazão máxima horária (L/s); K1: Coeficiente do dia de maior consumo (adimensional); K1: Coeficiente a hora de maior consumo (adimensional).

As UPs consideradas possuem demanda essencialmente residencial, com exceção da UP-08, onde existem características de demanda comercial e industrial, devido à presença do Aeroporto Internacional de Brasília nesta UP. Assim, para as demais UPs, calculou-se o consumo conforme a equação (02).

Os dados de consumo de 2010 foram obtidos através do levantamento realizado pelo Sistema Comercial da Caesb – SICOC, de onde se obteve as demandas médias mensais de cada UP.

4 I ANÁLISE DA DEMANDA DO SISTEMA CATETINHO BAIXO

A vazão média de produção das captações CAP.CTB001 e CAP.CTB.002 é de 43,66 L/s, e a vazão de outorga da CAESB é de 50 L/s. A demanda média de fim de plano apresentada para o sistema Catetinho Baixo no Tabela 4 é de Qm = 57,85 L/s. Considerando somente o índice de perdas IP = 30,90%, a vazão média de produção no fim de plano (2040) deverá ser de 83,72 L/s.

Sabendo que a disponibilidade hídrica do Ribeirão do Gama não é suficiente para fornecer a vazão demandada no fim de plano, e que este sistema não dispõe de unidades de reservação, percebe-se a necessidade de se reduzir a quantidade de economias abastecidas por este sistema, passando-as para serem abastecidas pelo RAP.PKW.001 de forma definitiva.

Assim, recomenda-se que já para o ano de 2015 as Quadras 16 Cj. 01 ao 03 / Qd. 18 / Qd. 20 / Qd. 22 / Qd. 24 (correspondente à UP-12) e Quadra 25 Cj.03 e 04 (correspondente à UP-14) sejam transferidas para o sistema do RAP.PKW.001.

5 I O SOFTWARE EPANET COMO FERRAMENTA DE SIMULAÇÃO

Foram realizadas duas verificações do SAA estudado, uma considerando o sistema produtor e outra referente ao desempenho das adutoras e subadutoras. Em ambas as verificações se utilizou o software EPANET versão 2.0, desenvolvido pela U. S. Environmental Protection Agency (USEPA).

Conforme explicitado em UFPB (2012), o EPANET versão 2.0 é um programa de computador licenciado como domínio público que permite executar simulações estáticas e dinâmicas do comportamento hidráulico e de qualidade da água em redes de distribuição pressurizadas. O programa permite obter os valores da vazão em cada tubulação, da pressão em cada nó, da altura de água em cada reservatório de nível variável e da concentração de espécies químicas através da rede durante o período de simulação, subdividido em múltiplos intervalos de cálculo. Foi concebido para ser uma ferramenta de apoio à análise de sistemas de distribuição, melhorando o conhecimento sobre o transporte e o destino dos constituintes da água para consumo humano.

6 I VERIFICAÇÃO DO RESERVATÓRIO RAP.PKW.001

O RAP.PKW.001 é um reservatório com capacidade total de armazenamento de 3.000,00 m³, com variação de nível entre 1,0m (nível mínimo) e 4,5m (nível máximo). Os dados de níveis reais do RAP.PKW.001 mostram que este reservatório apresenta boa recuperação diária.

Assim, sabendo que atualmente o RAP.PKW.001 tem um bom funcionamento, foi realizada uma simulação, denominada simulação de controle, que representa as características atuais do sistema, a partir da qual se estabeleceu o modelo de funcionamento ótimo do RAP.PKW.001 (Figura 2). Ou seja, a verificação do reservatório consiste em estudar alternativas de reforço no abastecimento deste reservatório para que sejam mantidas suas características atuais de funcionamento quando for demandada a vazão de fim de plano (2040) contando com os Setores 1 e 2 do SMPW, Vargem Bonita e Aeroporto. Desta forma, foram consideradas quatro situações de abastecimento deste reservatório para o cenário de 2040.

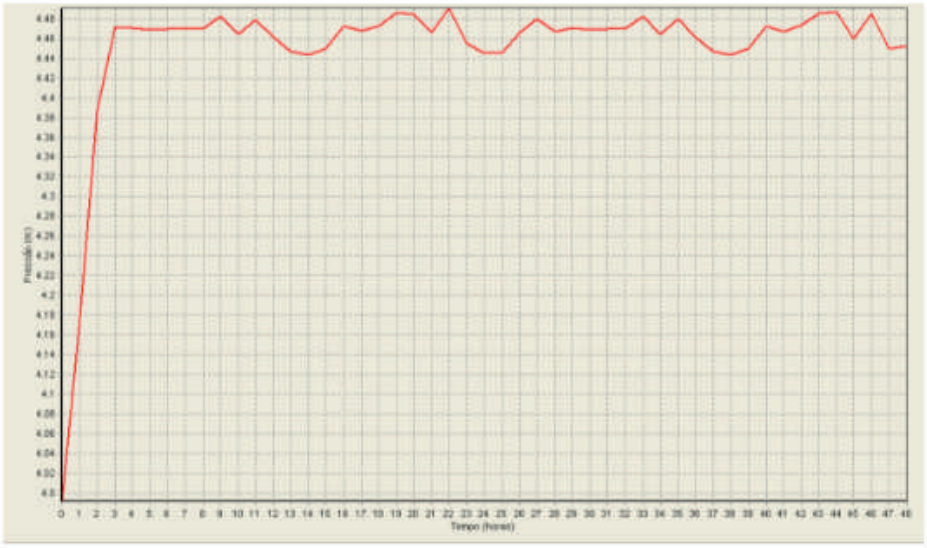


Figura 2: Simulação do funcionamento atual do RAP.PKW.001 com tempo de simulação de 48 horas (Ano 2010)

Observa-se pela análise da Figura 2 que o nível no RAP.PKW.001 praticamente não sofre alterações, mantendo-se no NA máximo. Na prática, o RAP.PKW.001 se mantêm na maior parte do tempo com o nível acima de 3,5m, mas chega a atingir o nível mínimo (1,0m) no mês de setembro, o que indica que a simulação representa de forma otimizada o funcionamento deste reservatório.

A seguir é feita a análise de cada proposta de verificação de funcionamento do RAP.PKW.001. A demanda considerada nas verificações corresponde à demanda de fim de plano (ano 2040) na pior hipótese, ou seja, quando é necessário que o abastecimento de todo o sistema ocorra através do RAP.PKW.001, com Q_h=489,56 L/s.

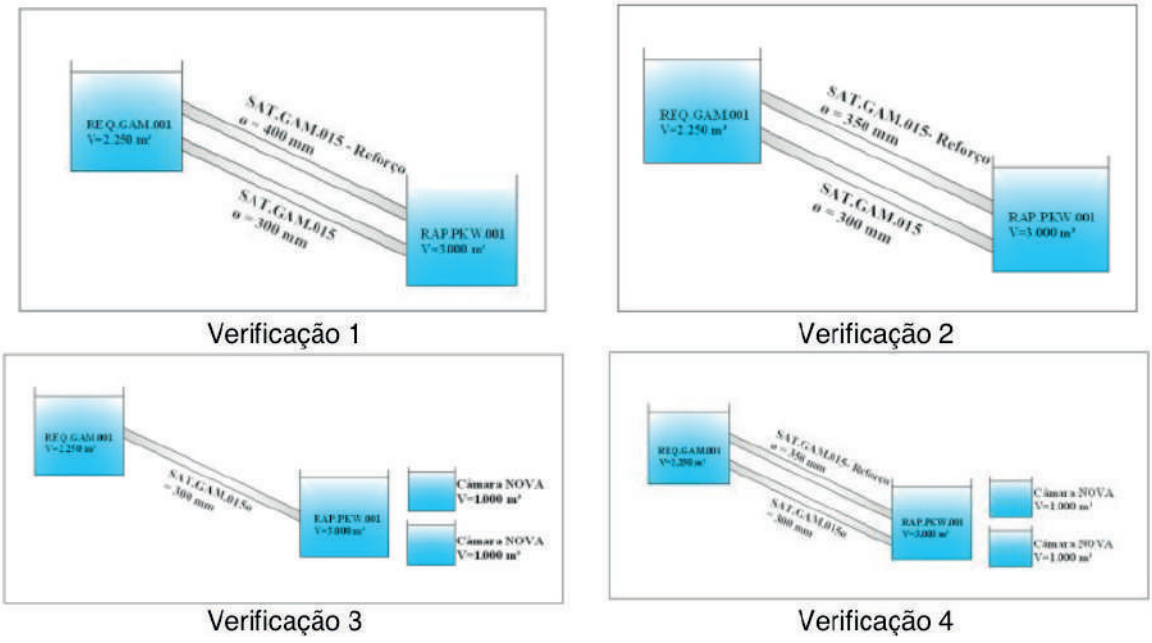


Figura 3: Representação esquemática das verificações propostas no sistema produtor do SAA do Park Way.

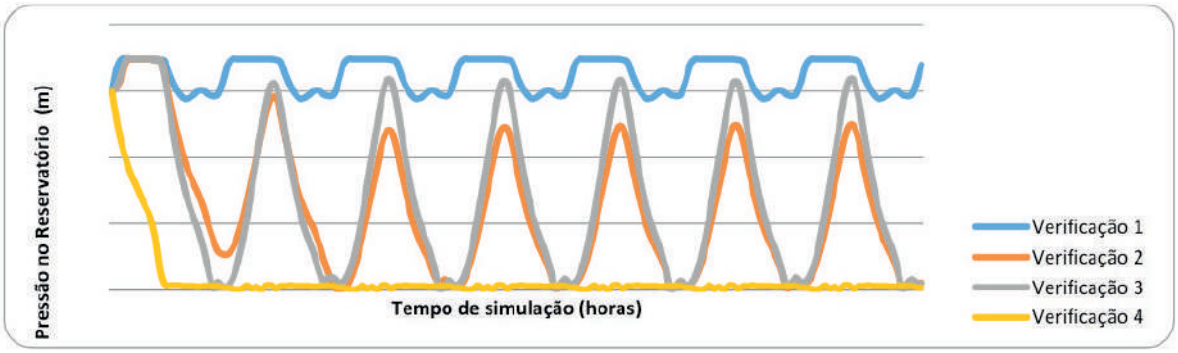


Figura 4: Resultado do comportamento do RAP.PKW.001 para quatro propostas de intervenção no SAA verificadas para a vazão de fim de plano (Ano 2040). Tempo de simulação de uma semana (168 horas).

Verificação 1: considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015 ø = 200 mm e pelo reforço desta adutora denominado ADT-T23-REF com ø = 400 mm. Análise: Verifica-se o funcionamento ótimo do reservatório compatível com o funcionamento observado atualmente.

Verificação 2: considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015 ø = 200 mm e pelo reforço desta subadutora denominado ADT-T23-REF com ø 350 mm. Análise: Observa-se que o RAP.PKW.001 atinge o nível mínimo (1,0 m) ao final de cada dia e não apresenta boa recuperação ao longo de uma semana.

Verificação 3: considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido somente pela subadutora SAT.GAM.015 ø 200mm, sem reforço, considerando a execução de duas novas câmaras de 1.000,0 m³ cada, passando a reservação de 3.000,0 m³ (total atualmente) para 5.000,0 m³ (total de projeto). Análise: verifica-se o esvaziamento das câmaras por volta das 10h do 1º dia de simulação.

Verificação 4: considerou o RAP.PKW.001 sendo abastecido pela subadutora SAT.GAM.015 ø = 200 mm e pelo reforço desta subadutora denominado ADT-T23-REF com ø 350 mm, considerando a execução de duas novas câmaras de 1.000,0 m³ cada, passando a reservação de 3.000,0 m³ (total atualmente) para 5.000,0 m³ (total de projeto). Análise: a construção das 2 câmaras não altera o funcionamento do RAP.PKW.001 de maneira significativa em relação à alternativa onde apenas é feito o reforço de ø = 350 mm.

Após realizadas as 4 verificações, conclui-se que, para manter as características atuais de funcionamento do RAP.PKW.001, é necessário executar um reforço da SAT.GAM.015 com ø = 400 mm, conforme a apresentado na Verificação 1.

7 I ALTERNATIVAS DE REFORÇO NO SAA PARK WAY

A formulação das alternativas de reforço do SAA Park Way foi feita com fim de

plano em 2040, e considerou as seguintes necessidades:

- Reforçar a SAT.GAM.015 devido ao aumento da demanda do setor;
- Reforçar a SAT.PKW.011 devido à expansão do complexo aeroportuário de Brasília;
- Reforçar a AAT.PKW.010 e substituição do trecho onde essa adutora reduz o diâmetro de ø = 350 mm para ø = 200 mm;
- Solucionar o problema de intermitência no fornecimento de água do Sistema Catetinho Baixo, propondo a implantação de uma nova adutora através da travessia pela linha férrea e a instalação de uma unidade de reservação a jusante da UTS Catetinho.

No desenvolvimento das alternativas entende-se por reforço a implantação de uma linha adutora paralela e interligada à existente e o termo substituição significa a desativação da linha adutora existente e a implantação de uma nova linha.

Quanto à simulação, os pontos de abastecimento são as UPs. Algumas demandas foram fracionadas nas UPs para permitir uma avaliação mais real das pressões. Esse trabalho enfatizou a capacidade de abastecimento das adutoras de forma a garantir a pressão mínima nos pontos de interligação com a rede de distribuição existente, para tanto, a cota inserida em cada UP foi a cota mais elevada dentro da área de abastecimento da UP, que representa a situação mais desfavorável de abastecimento quando se deseja garantir pressões mínimas. No entanto, as UPs 05, 06, 07 e 14 são caracterizadas pela presença de VRPs no ponto de interligação com a rede de distribuição, e para estas UPs era interessante avaliar pressões máximas. Por isto, apenas para estas UPs, foi introduzida a cota inferior da área abastecida. Não foram detalhados, no entanto, todos os pontos onde se farão necessárias VRPs ou eventuais substituições ou reforços da rede de distribuição. A seguir serão apresentadas as alternativas estudadas.

ALTERNATIVA 1 - TRAVESSIA DA LINHA FÉRREA

- Reforço da SAT.GAM.015 com ø = 400 mm;
- Reforço da SAT.PKW.011 com ø = 350 mm;
- Reforço de um trecho de 5.502 m da AAT.PKW.010 com ø = 500 mm;
- Substituição de um trecho de 2.275 m da AAT.PKW.010 com ø = 500 mm;
- Implantação de uma nova adutora interligando o Setor 1 ao Setor 2 do SMPW com ø = 400mm.

As Alternativas 1 e 2 avaliaram o sistema comparando o cenário simulado (adutoras existentes) com os cenários de 2015, 2030 e 2040. Isso possibilitou que se estabeleçam etapas de implantação dos reforços. Verificou-se que, para o ano de 2015, todas as intervenções previstas nesta alternativa já serão necessárias.

ALTERNATIVA 2 – SUBSTITUIÇÃO DA AAT.PKW.010

- Reforço da SAT.GAM.015 com ø = 400 mm;
- Reforço da SAT.PKW.011 com ø = 350 mm;
- Reforço de um trecho de 5.502 m da AAT.PKW.010 com ø = 600 mm;
- Substituição de um trecho de 2.275 m da AAT.PKW.010 com ø = 600 mm;

ALTERNATIVA 3 – IMPLANTAÇÃO DE UM RESERVATÓRIO À JUSANTE DA UTS- CATETINHO BAIXO

Prevê a implantação de um reservatório metálico com volume de 1.500 m³, com diâmetro de 15,0 m e altura de 8,0 m. Recomenda-se a implantação desta unidade de reservação a fim de solucionar o problema de intermitência no fornecimento de água do Sistema Catetinho Baixo.Trata-se de uma obra provisória, cujo funcionamento prevê o enchimento do reservatório com água tratada nos períodos de baixo consumo, e, quando houver necessidade de interrupção no abastecimento devido aos elevados valores de turbidez, utiliza-se a água do reservatório.

O funcionamento do reservatório (denominado RAP-CB) foi simulado para o ano de 2015 (Figura 5), onde se observou que ele não possui um bom funcionamento uma vez que é rapidamente esvaziado nas primeiras horas do dia, não sendo capaz de se recuperar ao longo de uma semana.

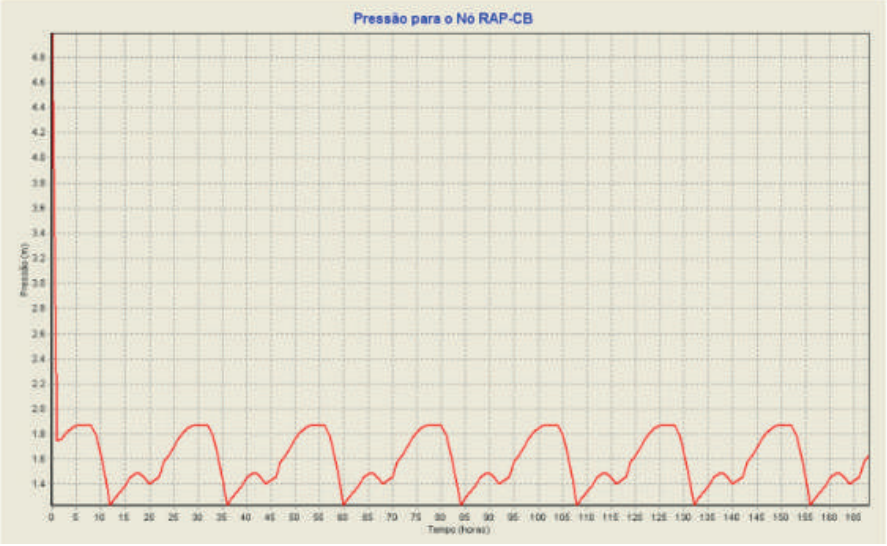


Figura 5: Simulação do comportamento no nível d'água do reservatório RAP-CB em uma semana de simulação

8 I ANÁLISE DOS RESULTADOS

A verificação do sistema produtor consistiu na proposição de alternativas, combinando reforços no trecho de alimentação do RAP.PKW.001 e ampliação da sua capacidade de reservação, de que sejam mantidas as características atuais de funcionamento do reservatório quando for demandada a vazão de fim de plano

do SAA estudado, de Qh = 490 L/s, prevista para ocorrer em 2040. O reservatório responsável pela alimentação do RAP.PKW.001 é o reservatório REQ.GAM.001. A análise realizada no SAA do Park Way permite que se estude os sistemas produtores a partir do REQ.GAM.001.

Observa-se pelo Figura 4 que para manter as características atuais de funcionamento do RAP.PKW.001, é necessário proceder as intervenções referentes à verificação 1, que prevê um reforço na alimentação deste reservatório.

Para a verificação das adutoras e subadutoras do SAA, realizou-se a simulação do SAA considerando o abastecimento por demanda definida em cada UP. As Alternativas 1 e 2 são bastante semelhantes, ambas preveem o reforço na SAT. GAM.015 com ø = 400 mm, o reforço na SAT.PKW.011 com ø = 350mm, o reforço / substituição na AAT.PKW.010 em um trecho de 5.502 m e 2.275 m, respectivamente, sendo que para a Alternativa 1 o diâmetro do reforço / substituição é de ø = 500 mm e para a Alternativa 2 é de ø = 600 mm. Além desta diferença dos diâmetros, a Alternativa 1 prevê a implantação de uma nova adutora interligando o Setor 1 ao Setor 2 do SMPW com ø = 400 mm.

A Alternativa 3 é apresentada como forma emergencial de resolver os problemas de intermitência que ocorrem no Catetinho Baixo, porém não se mostrou viável nesse primeiro momento, sendo necessário um estudo de topografia mais preciso para verificar se a topografia local permite que o reservatório funcione adequadamente.

Considerando que a Alternativa 1 permite a execução do projeto em etapas e aumenta a capacidade de manobra do sistema, recomendou-se o detalhamento da Alternativa 1 com projeto básico, visando a implantação a curto prazo, compatível com a previsão de início de operação do Sistema Corumbá.

Sabendo que a disponibilidade hídrica do Ribeirão do Gama não é suficiente para fornecer a vazão demandada pelo Sistema Catetinho Baixo no fim de plano, percebe-se a necessidade de se reduzir a quantidade de economias abastecidas por este sistema, passando-as para serem abastecidas pelo RAP.PKW.001 de forma definitiva. Recomendou-se, também, a substituição do trecho da AAT.CTB.010 de cimento amianto de ø = 350 mm, por ferro fundido de ø = 400 mm para solucionar os rompimentos constantes.

9 I CONCLUSÃO

A metodologia de criação da Unidades de Projeto facilitou a consulta e utilização das informações de interesse de projeto como: população atendida, consumo *per capita*, índice de perdas, produção *per capita*, variações horárias do consumo (K2), variações diárias do consumo (K1), taxa de ocupação das unidades residenciais e coeficiente de retorno (C). Permitindo, juntamente com o uso do software EPANET,

uma resposta ágil para as situações de aumento de demanda que se apresentam no estudo de caso.

REFERÊNCIAS

Caesb. Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal. **Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal.** Atualizado em 2005.

GDF. Governo do Distrito Federal. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal.** 2009.

Porto, Rodrigo de Melo. **Hidráulica Básica.** São Paulo: 2ª. Ed, 2001.

Tsutiya, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. São Paulo: 2ª. Ed, 2005.

UFPB. Universidade Federal da Paraíba. **Modelagem Hidráulica.** Disponível em http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=32. Acessado em 22.03.2012.

USEPA. U. S. Environmental Protection Agency. Software That Models the Hydraulic and Water Quality Behavior of Water Distribution Piping Systems. Disponível em http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html.

CAPÍTULO 15

VISITAS DOMICILIARES JUNTO À POPULAÇÃO BENEFICIÁRIA DE OBRAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA – UMA ABORDAGEM SOCIOAMBIENTAL EM CAICÓ – RN

Data de aceite: 06/01/2020

Data de submissão: 16/10/2019

Julyenne Kerolainy Leite Lima
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN)
Natal-RN
http://lattes.cnpq.br/8193128609372696

Marília Adelino da Silva Lima
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN)
Natal-RN
http://lattes.cnpq.br/6242833205682506

Teonia Casado da Silva
Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN)
Natal-RN
http://lattes.cnpq.br/8698583946531975

RESUMO: O presente trabalho expõe os resultados da experiência de execução do projeto de educação socioambiental desenvolvido no município de Caicó, no Rio Grande do Norte, o qual está inserido na macrorregião do Seridó Oriental do estado, área caracterizada por apresentar baixa e irregular precipitação pluviométrica. O projeto de educação socioambiental contemplou a realização de visitas domiciliares nas áreas de abrangência da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água (SAA), com o objetivo de sensibilizar, preparar e envolver a população beneficiária em todas as fases da obra. Nesse sentido, buscou-se aferir de que forma as visitas domiciliares contribuíram para a valorização do sistema em implantação por parte dos seus beneficiários, bem como para a conscientização quanto ao uso racional da água no período compreendido entre maio de 2017 e janeiro de 2018, o qual coincide com o período de maior escassez hídrica vivenciado pela população local nas últimas décadas. Para avaliar o alcance das visitas domiciliares, o trabalho foi desenvolvido em duas etapas: o levantamento quantitativo das visitas domiciliares realizadas pelos mobilizadores sociais no período de referência; e a realização de entrevistas junto aos mobilizadores sociais, com vistas à obtenção de dados sobre a valorização do sistema em implantação, bem como para a conscientização quanto ao uso racional da água pela população beneficiária do empreendimento. O trabalho demonstrou que durante as visitas domiciliares a população beneficiária compreendeu que a obra trará benefícios para a regularização no fornecimento de água, contribuindo para ampliar a valorização do sistema em implantação. Demonstrou, ainda, que em situações de grave escassez hídrica a população apresenta um elevado nível de conscientização quanto ao uso racional da

água por questões de sobrevivência ou de redução de custos com a aquisição de água por meio de carros-pipa ou outros meios.
PALAVRAS-CHAVE: Educação Socioambiental; Sistema de Abastecimento de Água; Sustentabilidade.

HOME VISITS WITH THE BENEFICIARY POPULATION OF WATER SUPPLY WORKS - A SOCIAL AND ENVIRONMENTAL APPROACH IN CAICÓ - RN

ABSTRACT: This paper presents the results of the implementation experience of the social and environmental education project developed in the city of Caicó, Rio Grande do Norte, which is inserted in the macroregion of the Eastern Seridó of the state, an area characterized by low and irregular rainfall. The socioenvironmental education project included home visits in the areas covered by the expansion of the water supply system (WSS), in order to raise awareness, prepare and involve the beneficiary population in all phases of the work. In this sense, we sought to assess how home visits contributed to the appreciation of the system under implementation by its beneficiaries, as well as to the awareness of the rational use of water in the period between may/2017 and january/2018, which coincides with the period of greatest water scarcity experienced by the local population in recent decades. To assess the scope of home visits, the work was carried out in two stages: the quantitative survey of home visits made by social mobilizers in the reference period; and conducting interviews with social mobilizers, with a view to obtaining data on the valorization of the system under implementation, as well as to raise awareness about the rational use of water by the beneficiary population of the enterprise. The work showed that during home visits the beneficiary population understood that the work will bring benefits to the regularization of water supply, contributing to increase the value of the system under implementation. It also demonstrated that in situations of severe water scarcity the population has a high level of awareness regarding the rational use of water for survival reasons or reduction of costs with the acquisition of water through tankers or other means.
KEYWORDS: Socioenvironmental Education; Water Supply System; Sustainability.

1 I INTRODUÇÃO

A Portaria nº 21/2014 do Ministério das Cidades define como sendo obrigatória a execução de Projetos de Trabalho Socioambiental durante a implantação de empreendimentos de abastecimento de água que sejam objeto de operações de repasse ou financiamento firmadas com o setor público, sempre que houver mudança direta nas relações dos usuários com os serviços prestados e sempre que ocorrer a implantação ou substituição de redes de distribuição e ligação domiciliar (BRASIL, 2014).

Nesse contexto, o trabalho de educação socioambiental consiste em um conjunto de ações que visam promover o efetivo envolvimento dos beneficiários

em todas as fases de implantação dos empreendimentos, estimulando o exercício da participação, contribuindo para a melhoria da sua qualidade de vida e para a sustentabilidade dos sistemas implantados.

O presente trabalho expõe os resultados da experiência de execução do projeto de educação socioambiental desenvolvido no município de Caicó, no Rio Grande do Norte, o qual está inserido na macrorregião do Seridó Oriental do estado, área caracterizada por apresentar baixa e irregular precipitação pluviométrica.

Em meados de 2017, devido à progressiva redução no volume de reservação dos dois mananciais superficiais que abasteciam a cidade, o açude Itans e o Rio Piranhas-Açu, o sistema de abastecimento atingiu a condição de colapso. Nesse contexto calamitoso, fez-se necessária a construção da adutora emergencial Caicó, uma derivação do sistema adutor Serra de Santana que capta água da barragem Armando Ribeiro Gonçalves. Desde então e até o mês de janeiro de 2018, o abastecimento de água da cidade ocorreu por esse sistema emergencial e na forma de rodízio.

A falta de setorização do sistema de abastecimento existente, associada à baixa vazão de água ofertada à cidade, resultaram na irregularidade na distribuição de água, principalmente nas zonas oeste e norte da cidade, que se situam nas áreas mais altas e distantes do reservatório de distribuição implantado, chegando à condição de ausência de abastecimento de água em determinadas áreas do município.

Como medida para convivência com a escassez hídrica, está sendo realizada na cidade de Caicó a ampliação do Sistema de Abastecimento de Água, contemplando a expansão e substituição da rede existente na cidade, com o assentamento de 115,87 km de tubulação; 2.150 novas ligações prediais; ampliação e recuperação da estação de tratamento de água existente; e a setorização da rede de distribuição, com a construção de três reservatórios elevados e um apoiado, distribuindo a água por meio de setores e viabilizando o rodizio nas zonas que atualmente estão prejudicadas. O empreendimento objetiva atender 77.854 habitantes, num horizonte de 20 anos.

Nesse contexto, o projeto de educação socioambiental desenvolvido em Caicó-RN contemplou a realização de visitas domiciliares nas áreas de abrangência da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água, com o objetivo de sensibilizar, preparar e envolver a população beneficiária em todas as fases da obra.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o alcance das visitas domiciliares realizadas pelos mobilizadores sociais junto à população beneficiária da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água de Caicó-RN. Nesse sentido, buscou-se aferir de que forma as visitas domiciliares contribuíram para a valorização do sistema em implantação por parte dos seus beneficiários, bem como para a conscientização quanto ao uso racional da água no período compreendido entre

maio de 2017 e janeiro de 2018, o qual coincide com o período de maior escassez hídrica vivenciado pela população local nas últimas décadas.

O trabalho foi executado em duas fases: na primeira fase foi feito o levantamento quantitativo das visitas domiciliares realizadas pelos mobilizadores sociais no período compreendido entre maio de 2017 e janeiro de 2018; na segunda fase foram realizadas entrevistas junto aos mobilizadores sociais, com vistas à obtenção de dados quanto à sua percepção sobre a aceitação e compreensão da população visitada a respeito valorização do sistema em implantação por parte dos seus beneficiários, bem como para a conscientização quanto ao uso racional da água.

2 I METODOLOGIA UTILIZADA

Para avaliar o alcance das visitas domiciliares, assim como a sua contribuição para a valorização do sistema em implantação e a conscientização quanto ao uso racional da água por parte dos beneficiários, a pesquisa foi desenvolvida em duas etapas:

a) Levantamento quantitativo de visitas domiciliares realizadas pelos mobilizadores sociais no período compreendido entre maio de 2017 e janeiro de 2018.

Nesta etapa do trabalho o levantamento quantitativo foi realizado por meio da contabilização das fichas de controle de visitas domiciliares preenchidas pelos mobilizadores sociais em cada domicílio visitado. Nessas fichas constam informações como data, horário, endereço, mobilizador responsável, nome do morador visitado e telefone para contato. A ficha dispõe também de uma coluna destinada para a anotação das observações, reclamações e sugestões mencionadas pelos moradores durante as visitas e pertinentes para direcionar o trabalho socioambiental. Nas situações em que não havia morador presente na residência foi registrada a observação na ficha de controle, a fim de quantificar a porcentagem de domicílios que não receberam a orientação dos mobilizadores sociais no sentido de programar nova visita em momento posterior.

b) Entrevistas junto aos mobilizadores sociais, com vistas à obtenção de dados quanto à sua percepção sobre a aceitação e compreensão da população visitada a respeito valorização do sistema em implantação por parte dos seus beneficiários, bem como para a conscientização quanto ao uso racional da água.

Nesta etapa do trabalho foram entrevistados todos os mobilizadores sociais responsáveis pelas visitas domiciliares localizadas nas áreas de abrangência da obra em Caicó. A escolha da entrevista como instrumento metodológico para essa etapa da pesquisa foi baseada em Ribeiro (2008), que considera a entrevista como a técnica mais pertinente quando deseja-se obter informações a respeito do objeto de

pesquisa, que possibilite conhecer sobre atitudes, sentimentos e valores inerentes ao comportamento. Desse modo, possibilita-se ir além da descrição das ações, incorporando novas perspectivas para a interpretação dos resultados.

Dessa forma, as entrevistas realizadas com os mobilizadores sociais objetivaram obter informações sobre os seguintes aspectos:

1. Os principais desafios encontrados durante a realização das visitas domiciliares;

2. A aceitação das visitas domiciliares pela população;

3. A percepção da compreensão da população sobre os benefícios decorrentes da conclusão da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água;

4. A conscientização da população sobre o uso racional da água;

Por intermédio das entrevistas realizadas e dos dados coletados foi possível aferir o alcance social das visitas domiciliares em termos dos resultados que o trabalho socioambiental pode gerar para a população beneficiária da obra.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

As visitas domiciliares foram realizadas antes, durante e após a execução física das obras com o objetivo de sensibilizar, preparar e envolver a população beneficiária em todas as suas fases. A programação das visitas a serem realizadas pelos mobilizadores sociais era definida semanalmente, durante reuniões semanais realizadas pela equipe técnica social responsável pela execução do projeto de educação socioambiental de forma conjunta com a equipe de engenharia responsável pela execução da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água do município.

O Levantamento quantitativo das visitas domiciliares teve como referência o período compreendido entre maio de 2017 e janeiro de 2018. Foi realizado por meio da contabilização e análise das fichas de controle das visitas preenchidas individualmente pelos mobilizadores sociais, a cada visita realizada.

Nas fichas constam informações como data, horário, endereço, mobilizador responsável, nome do morador e telefone de contato, bem como, a anotação de observações, reclamações e sugestões mencionadas pelos moradores consideradas relevantes para direcionar o trabalho socioambiental. Nas situações em que não havia morador presente na residência foi registrada a observação na ficha de controle, a fim de quantificar a porcentagem de domicílios que não receberam a orientação dos mobilizadores sociais no sentido de programar nova visita em momento posterior.

No período analisado foram visitados 4.550 domicílios no município de Caicó-RN. Se estimarmos que em média residem quatro pessoas em cada domicílio é possível inferir que o trabalho social entre maio de 2017 e janeiro de 2018 alcançou

aproximadamente 18.200 habitantes, o equivalente a 1/4 da população beneficiada pela obra de ampliação do sistema de abastecimento de água.

Verificou-se, contudo, a partir da análise das fichas, o registro da ocorrência de um elevado número de domicílios fechados, correspondente a 47,62% das visitas realizadas. Provavelmente em detrimento do horário em que as visitas foram realizadas que coincide com aquele em que normalmente os moradores estão desempenhando suas atividades laborais. Nessas situações foram disponibilizados comunicados impressos sobre a obra e panfletos educativos contendo dicas sobre o uso racional da água. Além disso, nessas situações foi registrada a observação na ficha de controle, a fim de programar nova visita em momento posterior.

Esse dado revelou a importância de se adotar a metodologia das visitas domiciliares de forma integrada e complementar com outras estratégias de envolvimento da população beneficiária durante a execução do projeto de educação socioambiental. Desse modo, de forma complementar foram realizadas palestras socioeducativas em instituições de ensino situadas no entorno da obra; reuniões comunitárias; mobilização de grupos sociais informais e pessoas formadoras de opinião inseridas na comunidade; articulação com profissionais da área de saúde, sobretudo os agentes comunitários de saúde; e a participação em eventos socioambientais locais como forma de difundir informações sobre o empreendimento.

Visando à obtenção de dados quanto à percepção dos mobilizadores sociais sobre a valorização do sistema em implantação por parte dos seus beneficiários, bem como sobre a conscientização quanto ao uso racional da água, foram entrevistados todos os mobilizadores sociais responsáveis pelas visitas domiciliares localizadas nas áreas de abrangência da obra em Caicó.

A partir da realização das entrevistas foi possível identificar os principais desafios encontrados pelos mobilizadores sociais durante a realização das visitas domiciliares; se houve aceitação das visitas domiciliares por parte dos moradores visitados; se a população tem conhecimento sobre os benefícios decorrentes da conclusão da obra de ampliação do sistema de abastecimento de água; se a população tem consciência sobre a importância do uso racional da água.

No que se refere aos principais desafios encontrados para a execução do projeto de educação socioambiental, por meio das visitas domiciliares, destaca-se o próprio contexto de escassez hídrica com o qual convive a população beneficiária. Este cenário difícil e calamitoso levou a um período de grande racionamento e de implantação do sistema de rodízio no abastecimento de água, deixando muitas residências sem água durante dias e gerando conflitos entre os moradores das diferentes regiões da cidade. Aliado a isso têm-se os transtornos próprios da execução das obras, que aumentam a insatisfação da população. Diante disso, outro desafio dos mobilizadores foi o de levar informações sobre a obra num contexto de extrema

insatisfação da população decorrente da falta de água no município. Assim, além de levar informações sobre o benefício trazido pela obra, a abordagem realizada pelos mobilizadores sociais teve como desafio promover a mediação entre os moradores e o agente executor da obra, no sentido da compreensão quanto a transitoriedade dos transtornos dela decorrentes.

Quanto à receptividade dos moradores o trabalho revelou que os mobilizadores sociais foram bem recebidos. Todos os mobilizadores entrevistados relataram que foram bem recebidos por parte da população, que demonstrou estar receptiva a obter informações sobre a obra, aberta ao diálogo, bem como que compreendem que a escassez hídrica é uma característica intrínseca da região em que estão inseridos. Porém, nas áreas com maior ocorrência de falta de água, como em áreas de topografia elevada e distantes do reservatório de distribuição, geralmente localizadas nas zonas oeste e norte da cidade, ainda há uma resistência na aceitação das visitas. Nessas áreas, os moradores reclamam que em outras áreas o abastecimento é mais regular, questionam o motivo pelo qual tal fato acontece e quando o fornecimento será regularizado. Nesse aspecto, o trabalho demonstrou que o projeto de educação socioambiental é visto de forma distinta, a depender da área e do bairro que o trabalho está sendo realizado.

Quanto aos benefícios esperados pela população após a conclusão das obras, o trabalho revelou que a população não demonstrou conhecimento sobre as diferentes etapas da obra, mas o projeto de educação socioambiental contribuiu para que houvesse uma melhor compreensão de que esta teria como objetivo contribuir para a regularização no sistema de abastecimento de água. Todos os mobilizadores relataram que a população tem uma grande expectativa quanto à normalização do abastecimento, ou ainda, de que haja melhorias no sistema de rodízio no abastecimento, já que os gastos para comprar água por meio de caminhões-pipa ou garrafões de água mineral são elevados e comprometem o orçamento familiar.

Os mobilizadores relataram que durante as visitas domiciliares foram relatados pelos moradores várias medidas de economia de água por eles relatados. O uso racional da água em contexto de extrema escassez hídrica é uma prática comum pelas próprias condições impostas, visto que estimula a adoção de um comportamento consciente e responsável por parte dos moradores. As principais medidas de economia de água que os moradores adotam são por meio do reuso na própria residência, como reaproveitamento da água de enxágue de máquinas de lavar roupa para lavar pisos e calçadas, reaproveitamento da água do banho para utilização nas descargas, para regar plantas, dentre outras.

Nesse sentido, o trabalho demonstra o enorme desafio de gerir os conflitos pelos usos da água e definir os seus usos prioritários, com a participação de atores da sociedade civil nas instituições, e a inclusão de novos atores sociais, desde a

gestão da água até ao seu uso e apropriação, compreendendo as possibilidades de uso que reflitam a sustentabilidade em sua vertente social.

4 I CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho demonstrou que durante as visitas domiciliares a população beneficiária compreendeu que a obra trará benefícios para a regularização no sistema de abastecimento de água, contribuindo para ampliar a valorização do sistema em implantação.

Demonstrou, ainda, que em situações de grave escassez hídrica a população apresenta um elevado nível de conscientização quanto ao uso racional da água por questões de sobrevivência ou de redução de custos com a aquisição de água por meio de carros-pipa ou outros meios.

Faz-se necessária uma avaliação contínua durante todo o processo de execução do projeto socioambiental, pois fornece informações importantes sobre o desempenho do trabalho, além de permitir que sejam mitigados possíveis problemas para a consecução dos objetivos e metas propostos, permitindo correções no decorrer da ação.

O trabalho de educação socioambiental é fundamental para empreendimentos de saneamento. Para tanto, além das visitas domiciliares, é necessário o desenvolvimento de ampla variedade de ações educativas para alcançar o público beneficiário.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria N° 21, de 22 de janeiro de 2014. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Ministério das cidades. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF. 23 jan. 2014. n. 16, Seção 1, p. 39.

RIBEIRO, E. A. A perspectiva da entrevista na investigação qualitativa. Evidência: olhares e pesquisa em saberes educacionais. **Revista Evidência**, Araxá, MG. n.4, p.129-148, mai. 2008.

CAPÍTULO 16

OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL DE RESERVATÓRIO NA BUSCA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (RESERVATÓRIO DE JORDÃO DE 90.000 M³, SISTEMA PIRAPAMA-PE)

Data de aceite: 09/01/2020

Hudson Tiago dos S. Pedrosa
Engenheira 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)
E-mail: hudsontiago@compesa.com.br

RESUMO: O crescimento da população vem demandando água em quantidades maiores, o que obriga as empresas de saneamento a encontrarem alternativas técnicas que sejam viáveis economicamente para o déficit de água das áreas urbanas. Na sua maioria essas alternativas modificam o comportamento operacional do sistema de bombeamento, geralmente aumentando o tempo de bombeamento e/ou aumentando os números de conjuntos motor-bomba em funcionamento. Os conjuntos elevatórios são responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica e embora estes equipamentos sejam necessários para transportar a água através dos sistemas e garantirem a confiabilidade do abastecimento de água, o grande consumo de energia elétrica dificulta o equilíbrio financeiro das empresas de saneamento. Com esta preocupação, o estudo pretende demonstrar uma nova alternativa para a operação do reservatório do Jordão (90.000 m³), pertencente ao Sistema Pirapama, buscando atender a demanda com mais eficiência no requisito de custo com energia elétrica. O reservatório do Jordão é o maior do Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana do Recife, sendo este responsável por amortecer a variação tanto da demanda quanto da produção de água. A melhoria em sua operação, estar ligada diretamente com a melhoria do abastecimento da população da RMR, como também, no custo energético. Tendo em vista que, a estação elevatória de Pirapama tem o maior custo com energia elétrica da empresa pernambucana de saneamento.

Este estudo faz uma analise econômica na operação do reservatório do Jordão e na elevatória deste sistema, voltada a eficiência energética. Há uma ponderação sobre a operação de estações elevatória com desligamentos de conjuntos motor-bomba em horário de pico de energia. E ainda, o estudo trás uma nova operação do reservatório do Jordão, de maneira que garante o atendimento de demanda do Recife, trazendo economia de energia, sem comprometer a continuidade do abastecimento da população.

A operação aqui proposta apresenta uma economia no custo energética de

aproximadamente 14%, comparada as condições atuais. Esta porcentagem representa um valor de aproximadamente R$ 2669,00/dia, ou ainda, R$ 80.000,00/mês nos custos de energia na estação elevatória de Pirapama.
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.
PALAVRAS-CHAVE: Otimização Operacional, Eficiência Energética e Modelagem Hidráulica.

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.

Muitas vezes, estas mudanças afetam a operação das estações elevatórias, aumentando o custo de energia elétrica. Estima-se que 2,5% de toda energia elétrica produzida no Brasil seja 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 é de suma importância para a saúde financeira das empresas que

operam os sistemas de água e esgoto.

O presente estudo pretende demonstrar uma nova alternativa para a operação do reservatório do Jordão (90.000 m³), pertencente ao Sistema Pirapama, buscando atender a demanda com mais eficiência no requisito de custo com energia elétrica. O reservatório do Jordão é o maior do Sistema de Abastecimento da Região Metropolitana do Recife, sendo este responsável por amortecer a variação tanto da demanda quanto da produção de água. A melhoria em sua operação estar ligada diretamente com a melhoria do abastecimento da população da RMR, como também, no custo energético, pois a estação elevatória de Pirapama tem o maior custo com energia elétrica da empresa pernambucana de saneamento.

Este estudo faz uma analise econômica na operação do reservatório do Jordão e na elevatória deste sistema, voltada a eficiência energética. Neste estudo há uma ponderação sobre a operação de estações elevatória com desligamentos de conjuntos motor-bomba em horário de pico de energia. E ainda, o estudo trás uma nova operação do reservatório do Jordão, de maneira que garante o atendimento de demanda do Recife, trazendo economia de energia, sem comprometer a continuidade do abastecimento da população.

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.

JUSTIFICATIVA

O maior reservatório do Sistema de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Recife atualmente não funciona com níveis satisfatórios para o seu melhor desempenho, operando como se fosse uma caixa de passagem, ou seja, a vazão que chega é a mesma vazão que sai. O modo com que o reservatório em estudo esta sendo operado traz alguns danos para o sistema integrado da RMR, afetando tanto o abastecimento, a operação e a estrutura física como também o equilíbrio financeiro da empresa.

Esta problemática afeta diretamente o abastecimento, pois à medida que o reservatório opera em níveis mais baixos que a geratriz superior da tubulação de saída, isso permite a entrada de ar na adutora e/ou na rede de distribuição, ocasionando bolhões de ar que podem interromper o fornecimento do abastecimento ou até mesmo originar rupturas na tubulação gerando despesa desnecessária para a empresa. A falta de acumulação do reservatório do Jordão proveniente do baixo nível atual causa imobilidade de manutenção. Nos casos em que necessitam de

pequenos reparos a montante do reservatório, desabastecendo uma grande parte da população recifense, afetando o faturamento e a imagem da empresa. A Figura 1 abaixo mostra a área sem abastecimento em caso de uma parada rápida na ETA Pirapama.



Figura 1- Área abastecida pelo sistema Pirapama

Também por falta de nível satisfatório do reservatório do Jordão, se limita a operação da Estação Elevatória de água do sistema. O reservatório do Jordão não absorve a variação da vazão advinda da elevatória, transferindo essa variação para a rede de abastecimento, originando alterações nas pressões podendo ocasionar rupturas na rede de distribuição. A figura seguinte mostra a variação de vazão e de pressão a montante e a jusante do reservatório de Jordão em um período que havia desligamento de dois conjuntos motores-bombas no horário de pico da tarifa energética e um CMB durante a madrugada onde o consumo seria menor.

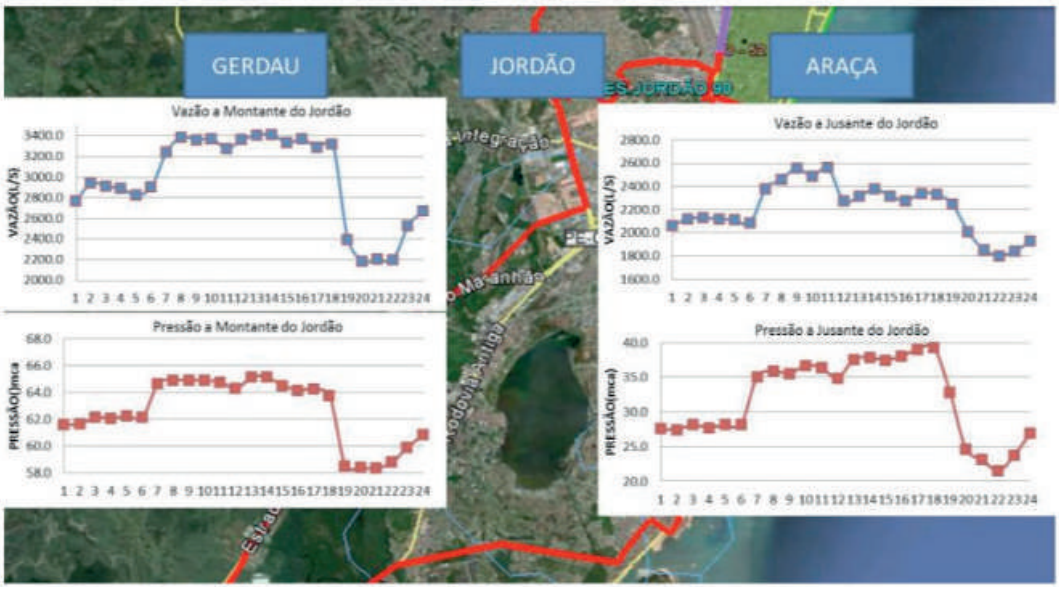


Figura 2 - Variação de Pressões e vazões a Montante e a Jusante do reservatório do Jordão

A proposta deste estudo se baseia na melhoria da operação do reservatório do Jordão de 90.000 m³, com o intuito de garantir a continuidade do abastecimento, sanando as diversas problemáticas envolvidas na operação atual.

MATERIAIS E MÉTODOS

O modelo hidráulico (Figura 3) 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, válvulas e registros, curvas entre outros elementos existentes do sistema, esses foram obtidas através de Cadastro técnico e de Manual de Operação e dos Projetos existentes. Através da telemetria foram obtidos os dados relativos a consumo, assim como, as regras de operação do sistema, o estado das válvulas, entre outros.



Figura 3 - Modelo Hidráulico

O modelo contempla inicialmente a captação da barragem Pirapama, passando pela EE Pirapama, ETA, Derivações, Reservatório do Jordão e finaliza com as duas saídas do RAP Jordão, adutora de 600 mm nova de pintor Agenor e na alça do Araçá.

CALIBRAÇÃO DO MODELO

A calibração do modelo se deu através de dados da telemetria, portanto permitindo a comparação entre vazões e pressões simuladas e medidas. A representação do sistema inicia no ponto de vazão na saída da EE Pirapama, entre a ETA e Jordão tivemos medições de vazão e pressão no ponto chamado Guerdau e na entrada do Reservatório Ponte dos Carvalhos, e por fim na distribuição na alça do Araçá e na linha de 600 mm nova de Pintor Agenor. A Figura 4 mostra a espacialidade dos pontos de medição utilizados.



Figura 4 - Especialidade dos Pontos de medição

A calibração do modelo se deu através de dados da telemetria dos dias 1 a 4 de setembro de 2015, foram levantados 1175 e 887 dados de medição de vazão e pressão respectivamente.

As tabelas abaixo exibem a média das vazões e pressões observadas e simuladas pelo modelo, assim como a correlação entre medidas de 0,997 e de 0,999 respectivamente de pressão e vazão, o coeficiente de correlação indica a relação entre duas variáveis, onde o valor 1 significa melhor a correlação.

Localização	Nº Observada	Média Observada	Média Simulada	Erro Médio	Desvio Padrão
Saída EE Pirapama	70	4171	4163	11.31	13.65
Cheg. Jordao	70	3085	3040	149.6	355.7
Gerdau	70	3085	3190	126.5	368.1
Cheg. Pontes dos Carvalho	218	409	456.8	49.53	122.5
Cheg. Prazeres	70	434.8	435.8	1	1
Anel Araça 2	109	3038	3200	177.9	463.2
Sangria lagoa encantada	284	150.1	159.9	12.61	19.24
Novepe rede nova 600mm	284	211.3	199.9	142.2	350.7
TOTAL	1175	1087	1114	80.28	261
Correlação entre Medidas				0.999	

Tabela 1- Tratamento Estatístico dos Dados de Calibração para Vazão

Localização	Nº Observada	Média Observada	Média Simulada	Erro Médio	Desvio Padrão
Sucção MB-B0004	72	15.1	18.79	3.69	3.69
Recalque MB-B0004	72	77.9	75.22	2.676	2.678
RAP Pirapama 01	72	1.32	1.16	0.165	0.166
RAP Pirapama 02	72	1.15	1.16	0.01	0.018
GERDAU	113	61.2	61.06	0.935	2.066
RAP Ponte dos Carvalho Antigo	70	1.67	2.27	0.596	0.773
RAP Ponte dos Carvalho Novo	70	1.74	2.27	0.538	0.727
ANEL ARAÇA 2	58	24.08	31.18	7.603	9.445
TOTAL	887	32.58	33.26	2.311	3.425
Correlação entre Medidas				0.997	

Tabela 2- Tratamento Estatístico dos Dados de Calibração para Pressão

Contudo, o modelo apresentou resultado satisfatório em relação aos dados observados, tendo assim um diagnóstico do sistema referente a vazões e pressões atuais. Atualmente a vazão de entrada e a vazão de saída são praticamente iguais. Se pegarmos a pouca diferença entre estas vazões e dividir pela a área do imenso reservatório do Jordão obtemos uma variação de nível na ordem de centímetros. A figura a seguir mostra o comportamento do reservatório do Jordão ao longo da simulação.



Figura 5 - Nível do reservatório do Jordão

VERIFICAÇÃO DO MODELO

Com o intuito de averiguar o modelo para o sistema nas condições, foi feitas a verificação do modelo através de dados da telemetria dos dias 10 a 13 de março de 2016. Foram levantados 1979 e 1763 dados de medição de vazão e pressão respectivamente.

A verificação do modelo apresentou o índice de correlação entre medidas de 0,999 para as pressões e vazões. As Figura 6 e Figura 7 apresentam a comparação das médias entre os dados medidos e os dados simulados de vazão e pressão respectivamente. Nota-se que o modelo apresentou dados bem próximos dos reais.

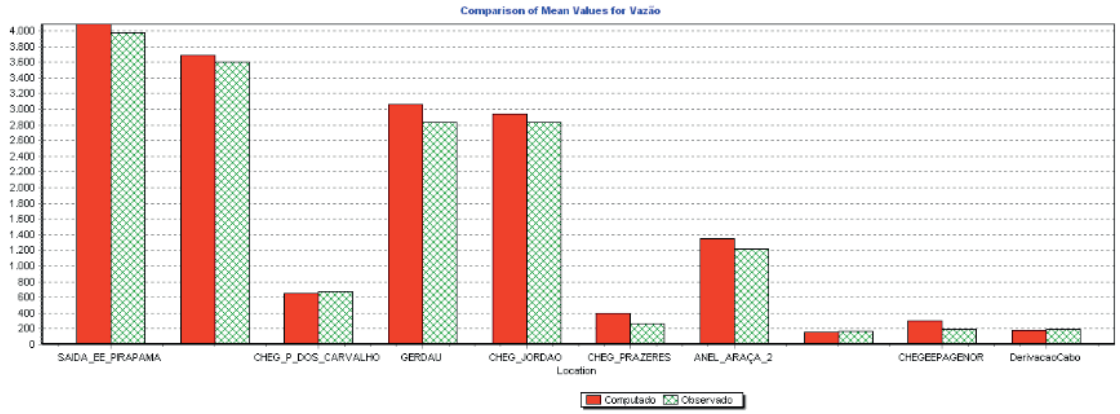


Figura 6 - Comparação das vazões simuladas e observadas

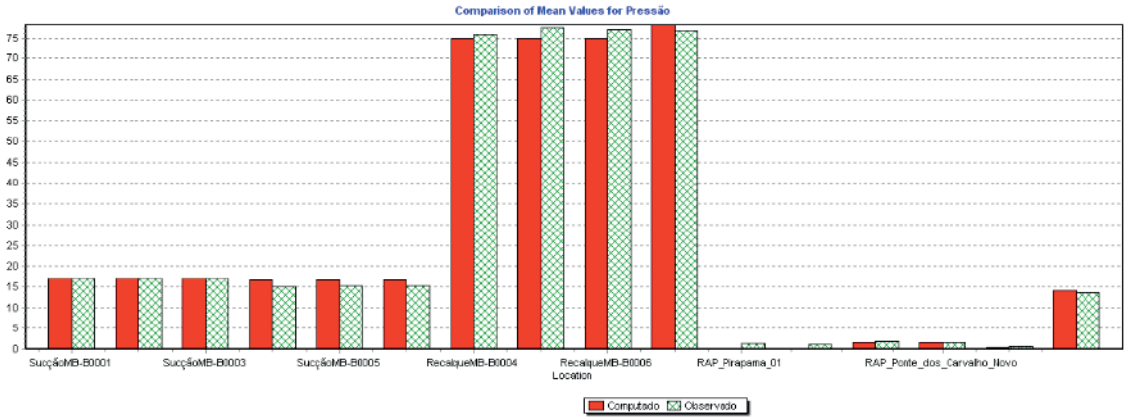


Figura 7 - Comparação das pressões simuladas e observadas

DEFINIÇÃO DAS VAZÕES DE OPERAÇÃO

Mantendo a demanda atual de vazão das áreas de influencias do reservatório do Jordão, e variando a vazão de produção do sistema de 3500 a 5250 L/s, temos o comportamento do enchimento do reservatório objeto deste estudo. Nota-se que para o enchimento do reservatório necessita de uma vazão superior a 4000 L/s (Figura 8).

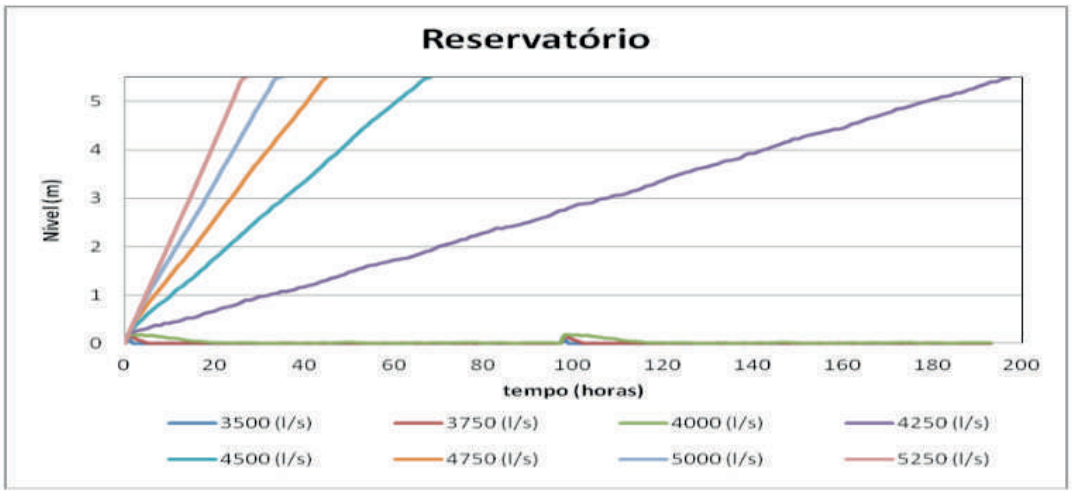


Figura 8 - Enchimento do reservatório

A proposta deste estudo é o balanço de massa no reservatório de Jordão por meio do controle de vazão de saída do mesmo. Foram mantidas as vazões de acordo com as demandas atuais que atendem as áreas de influencia do reservatório do Jordão. A Figura 9 apresenta o esquema do reservatório do Jordão, contendo as vazões de saída. Estas vazões serão mantidas ou controladas para melhor operação do reservatório.

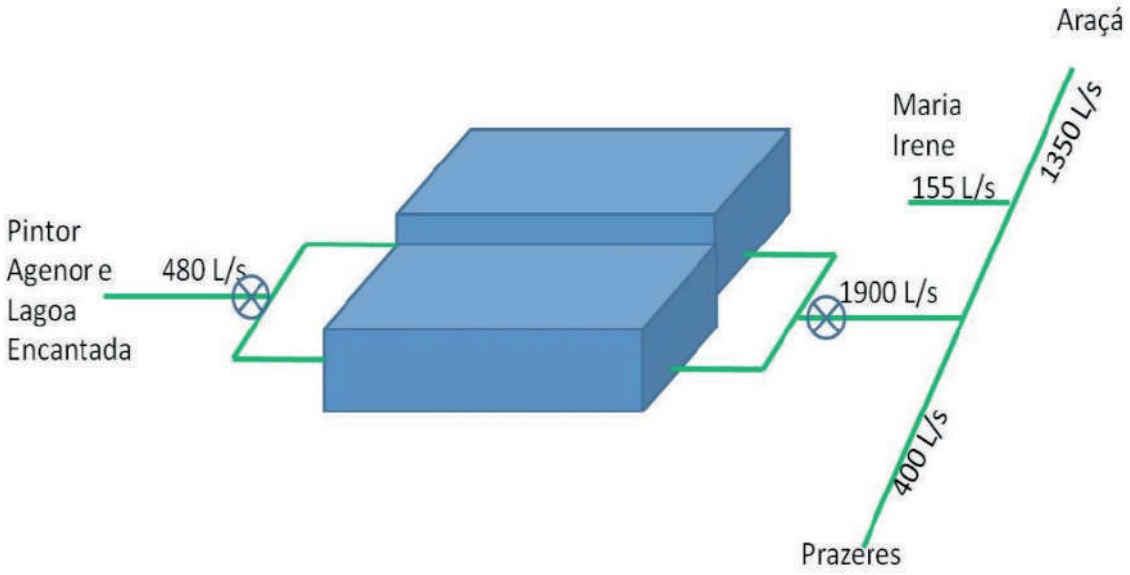


Figura 9 - Esquema das saídas do Reservatório de Jordão

CENÁRIO INICIAL

Atualmente a vazão de recalque da estação elevatória de Pirapama é de 4000 L/s, são três conjuntos ligados 24 horas, com uma despesa de aproximadamente R$ 18.451,00 por dia, resultando em um custo de R$ 553.530,00 reais por mês com energia elétrica.

OPERAÇÃO PROPOSTA 1

Mantendo as demandas do cenário inicial, alteramos a produção da Estação elevatória de Pirapama com o objetivo de observar o comportamento do reservatório do Jordão. Foram criados três cenários de operação para cada vazão de produção na estação elevatória de Pirapama. Primeiro desliga um conjunto motor-bomba no horário de pico de energia, o segundo desliga um CMB com o inversor de frequência e um CMB sem inversor de frequência e o terceiro cenário seria com o desligamento de dois conjuntos motor-bomba que não contemplam inversores de frequência. Assim foi analisada a economia de energia, para cada vazão de produção, para os três cenários de operação citado acima.

De posse dos resultados das simulações obtemos a Tabela 3, que traz o

comparativo com a situação atual de custo de energia.

Produção (L/s)	Operação	Volume (m³)	Custo com Energia (R$/dia)	Economia (%)	Economia (R$/dia)
Cenário Inicial 4000	3 CMB ligados	345.249,24	18.451,00	0,00%	-
4250	Desligar um CMB	347.608,60	18.347,57	0,56%	103,43
	Desligar um CMB e o CMB com o inversor	343.254,64	18.035,45	2,25%	415,55
	Desligar Dois CMB	329.957,11	17.093,59	7,36%	1.357,41
4500	Desligar um CMB	342.538,37	18.157,95	1,59%	293,05
	Desligar um CMB e o CMB com o inversor	346.593,91	18.281,72	0,92%	169,28
	Desligar Dois CMB	345.353,12	18.209,29	1,31%	241,71
4750	Desligar um CMB	345.670,10	18.379,30	0,39%	71,70
	Desligar um CMB e o CMB com o inversor	339.409,62	18.174,75	1,50%	276,25
	Desligar Dois CMB	347.989,50	18.502,67	-0,28%	(51,67)
5000	Desligar um CMB	350.284,48	18.673,77	-1,21%	(222,77)
	Desligar um CMB e o CMB com o inversor	344.276,53	18.308,30	0,77%	142,70
	Desligar Dois CMB	341.594,86	18.399,52	0,28%	51,48
5250	Desligar um CMB	353.101,39	18.841,18	-2,11%	(390,18)
	Desligar um CMB e o CMB com o inversor	345.518,58	18.472,48	-0,12%	(21,48)
	Desligar Dois CMB	343.713,45	18.318,50	0,72%	132,50

Tabela 3 - Comparativos do custo de energia das operações

OPERAÇÃO PROPOSTA 2

Objetivando a resolução desta problemática, é apresentada uma alternativa para a operação do reservatório de Jordão. Utilizando as duas câmaras do reservatório Jordão (Figura 10), este estudo traz uma rotina na operação do reservatório de maneira que garanta a existência de nível e sem comprometer a continuidade do abastecimento.



Figura 10 - Reservatório do Jordão dividido em duas câmaras

Observando os pistões dos motores mecânicos, percebe-se que os mesmos exercem um movimento de subida e descida dentro do motor a combustão, alternando entre os pistões. Assim consegue-se uma combustão constante puncionando o veiculo ou maquina. Analogicamente, as câmaras do reservatório vão funcionar como pistões, no primeiro momento a câmara 1 inicia-se com o nível alto e a câmara 2 inicia-se com nível baixo, assim a câmara 1 abastece enquanto a câmara 2 pega nível. Quando os níveis das câmaras envolvidas se inverterem, inverte-se também o abastecimento iniciando o segundo momento com as câmaras alternadas.

O gráfico abaixo demonstra o comportamento do reservatório do Jordão durante dez dias, neste visualiza a operação alternada das câmaras 01 e 02 do reservatório do Jordão. Nota-se também, uma operação com períodos bem definidos, assim apresentando uma sincronia entre as câmaras ao longo do tempo.

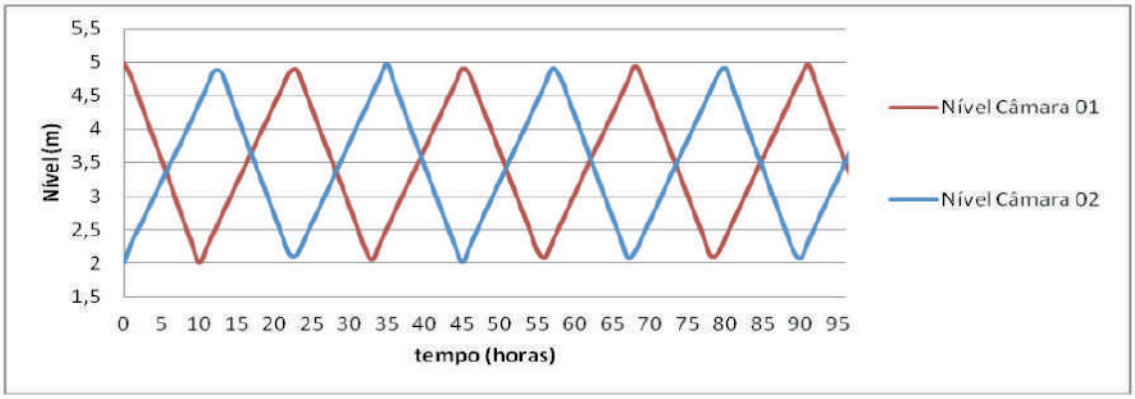


Figura 11 - Comportamento operacional das câmaras do RAP Jordão ao longo dez dias

A operação apresentada permite que a elevatória trabalhe com uma vazão de 3500 L/s, pois no balanço de massas na câmara que abastece a entrada é menor que a saída, enquanto que na outra câmara a saída é fechada e a entrada permite seu enchimento. Com a produção reduzida a economia de energia consumida, proporcionando uma economia no custo de energias elétrica de 14 % comparada com os custos atuais.

Produção (L/s)	Operação	Volume (m³)	Custo com Energia (R$/dia)	Economia (%)	Economia (R$/dia)
Atual 4000	3 CMB ligados	345.249,24	18.451,00	0,00%	-
3500	Proposta 02	301.210,01	15.781,65	14,47%	2.669,35

Tabela 4 - Comparativo do custo de energia operação 02

DISCURSÕES

Nota-se que o único cenário, da operação proposta 01, que traz uma economia relevante de energia é com a produção de 4250 L/s e desligando dois conjuntos. Apresenta 7 % de redução do custo com energia. Porem, de acordo com a Figura 12, este cenário não mantém o reservatório cheio, desequilibrando a rotina operacional ao longo dos dias. Nos demais cenários não apresenta redução no custo de energia.

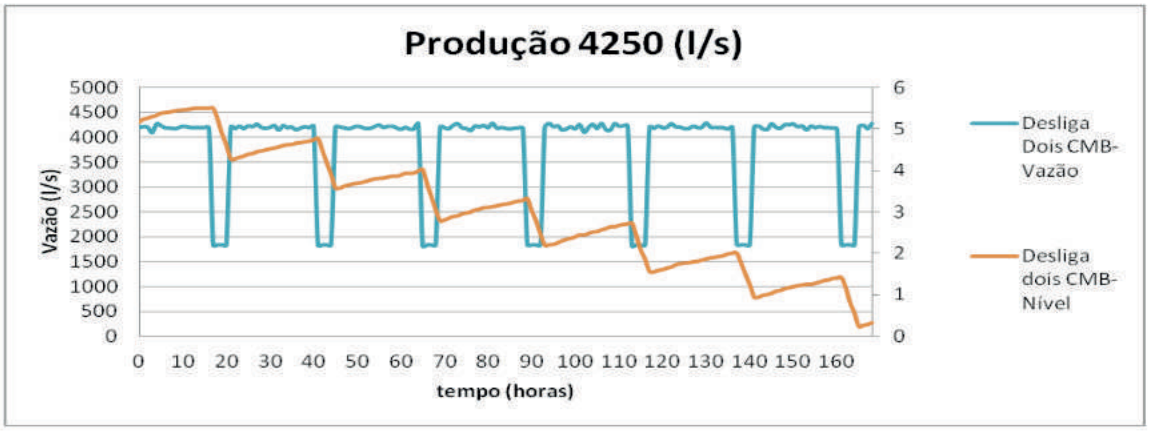


Figura 12 - Produção de 4250 L/s desligando dois CMB

O gráfico seguinte ilustra a operação de desligamento dos conjuntos motor bomba em horário de ponta da energia. Apesar da economia de energia nas 04 (quatro) horas em que a energia tem maior valor, nas 20 (vinte) horas restantes do dia, há a necessidade de aumentar a produção para que haja a recuperação do nível do reservatório. Este tipo de operação nem sempre apresenta economias no custo de energia, como mostra a Tabela 3.

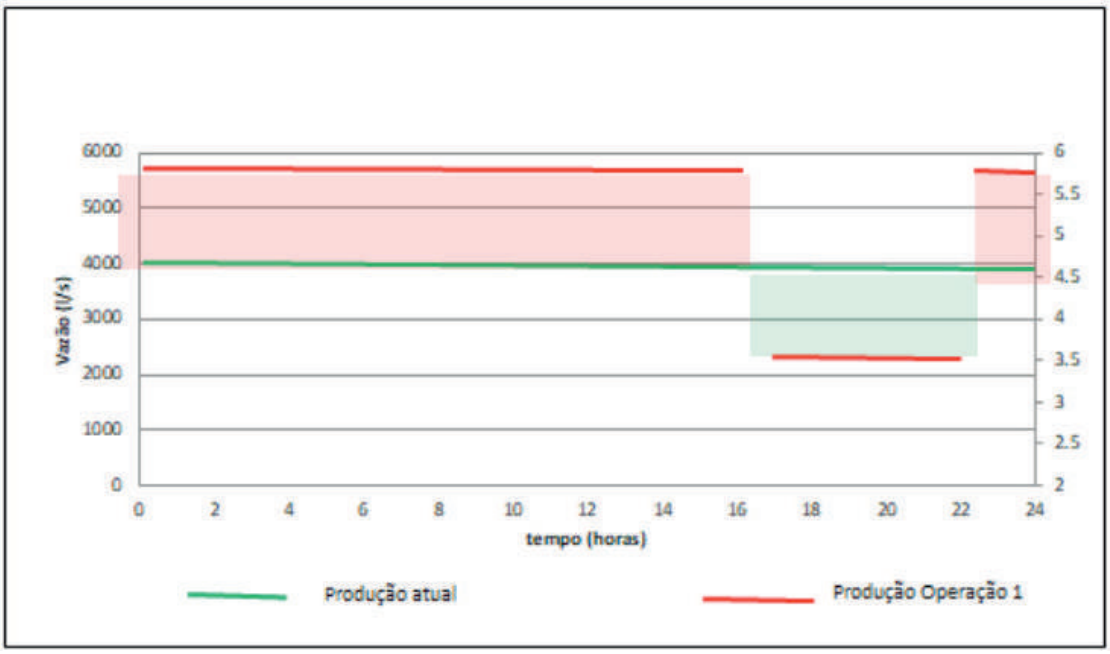


Figura 13 – Comparativo Vazão de produção da operação 01 x Atual

Já na operação proposta 02, os níveis das câmaras do reservatório do Jordão alternam entre elas, com seus níveis operando sempre caindo. Assim, no balanço de massas do reservatório, temos uma vazão de produção menor que a vazão de distribuição, gerando 24 (vinte e quatro) horas de economia de energia decorrente de sua produção inferior comparado ao cenário inicial (Figura 14).

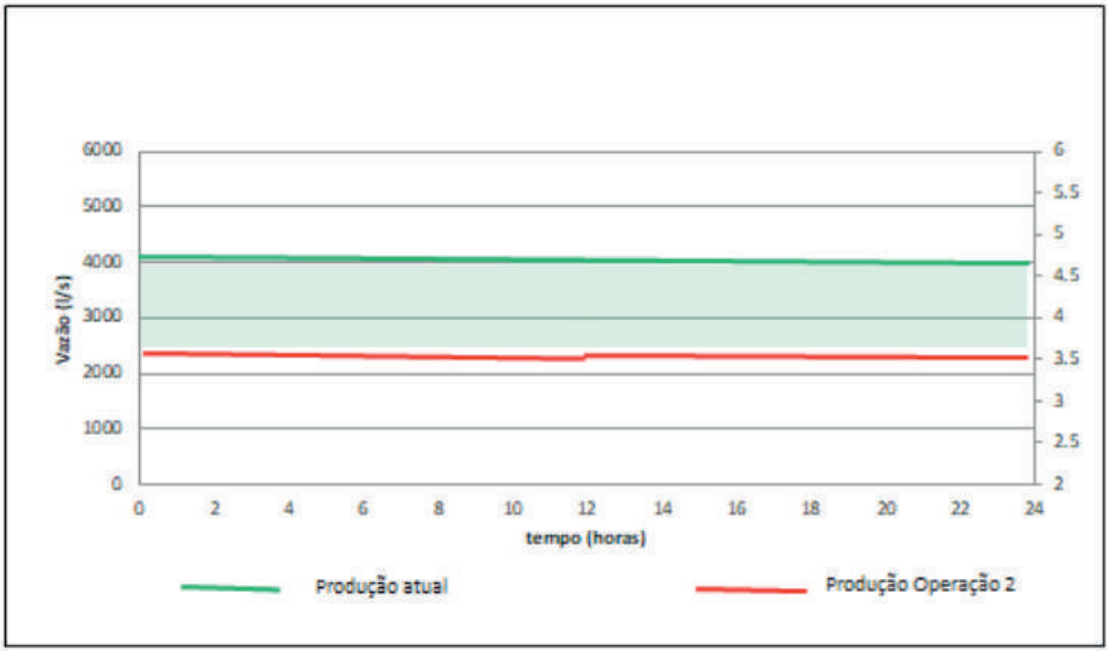


Figura 14 - Comprativo Vazão de produção da operação 02 x Atual

A operação proposta 02 traz um novo tipo de operação para reservatórios, porem, o estudo apresenta algumas recomendações.

A instalação de atuadores elétricos nas válvulas de entrada e saída das câmaras

do reservatório, bem como, instalação de uma válvula controladora de vazão na saída do reservatório com atuador elétrico, com o intuito de garantir o balanço das vazões de entrada e saída do reservatório.

Instalações de telemetria na entrada e nas saídas das câmaras do reservatório do Jordão, bem como a ferramenta de visualização do mesmo (vídeo wall) no Centro de Controle de Operação – CCO, possibilitando o maior controle na operação e sempre mantendo as vazões de equilíbrio.

Recomenda-se a implantação de operadores no reservatório, visto que, podem ocorrer anomalias na rotina operacional ou até mesmo nos casos de defeitos dos equipamentos instalados.

A Figura 15 mostra o comportamento do reservatório do Jordão sem as aplicações das recomendações acima. Nesta percebe-se que ao passar dos dias os níveis das câmaras se unem e decresce a níveis inferiores a cota da geratriz superior da tubulação de saída, retornando as problemáticas da operação do cenário inicial do reservatório do Jordão.

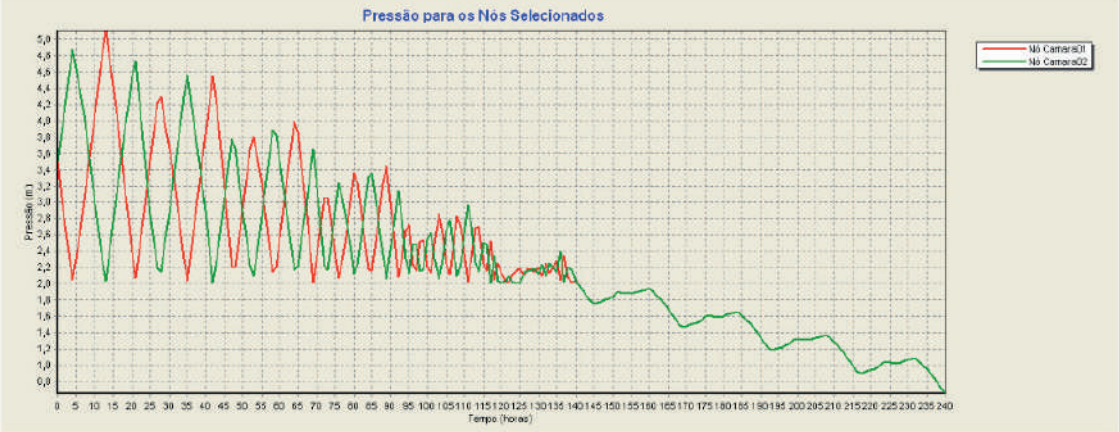


Figura 15 - Comportamento do Reservatório sem o controle operacional

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

> O sistema Pirapama é o maior sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana do Recife, com a produção de aproximadamente 4 mil L/s atende aproximadamente 3 milhões de pessoas e o mesmo contem a unidade com o maior custo de energia elétrica da companhia de saneamento do estado de Pernambuco. Neste contexto fica clara a necessidade de melhorar a operação deste reservatório, pois o seu tamanho corresponde diretamente com sua importância para o sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Recife.

A primeira proposta de operação do sistema de Pirapama contém a variação da vazão de recalque da estação elevatória de Pirapama com o desligamento dos conjuntos motor-bomba da elevatória Pirapama. Nestes cenários a economia com

energia elétrica não são significantes, havendo alguns cenários que apresentam gastos maiores de energia comparados com os custos do cenário inicial do estudo. Portanto deve-se ter bastante cautela na escolha destas operações que considera o desligamento no horário de ponta de energia.

A segunda proposta de operação apresentada neste estudo alterna o abastecimento de água entre as câmaras do reservatório do Jordão. Esta rotina na operação garante que ao menos uma das duas câmaras apresente nível satisfatório para o abastecimento, como também apresenta um volume de acumulação com duração média de sete horas. Mantendo sempre nível satisfatório, a operação aqui proposta elimina a possibilidade de entrada de ar na adutora, assim evitando bolhões de ar que podem interromper o abastecimento ou até mesmo originar rupturas na tubulação gerando despesa para a empresa responsável.

O Reservatório operando com volume acumulado e níveis a médio a alto traz mais operacionalização na manutenção em casos de pequenos reparos e manutenções emergenciais a montante do reservatório, proporcionando o abastecimento por um período aproximado de sete horas.

A segunda proposta apresenta uma economia no custo energética de 14% na estação elevatória de Pirapama, comparada as condições atuais, com recalque de 4000 L/s. Esta porcentagem representa um valor de aproximadamente R$ 2669,00/dia ou ainda, R$ 80.000,00/mês nos custos de energia na estação elevatória de Pirapama.

REFERÊNCIAS

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: Analise Econômico de Projetos. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, p.114, 2005.

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.

TSUTIYA, 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.

TSUTYIA, 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.

CAPÍTULO 17

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

Data de aceite: 0601/2020

Data de submissão: 14/10/2019

Paulo Eduardo Aragon Marçal Ribeiro
padu.aragon@hotmail.com
Universidade Federal Fluminense – UFF
Niterói – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/4314802790230838

Mônica de Aquino Galeano Massera da Hora
Universidade Federal Fluminense – UFF, Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, Bloco D, Sala 133
Niterói – Rio de Janeiro
http://lattes.cnpq.br/4618695267555595

RESUMO: A Lei nº 9.433/97 instituiu a Polítical Nacional de Recursos Hídricos e previu seus cinco instrumentos: os Planos de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, a cobrança pelo uso de recursos hídricos, e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. O enquadramento dos corpos d'água é um importante instrumento desta política, por servir de referência para os demais instrumentos preconizados na Lei das Águas, e para os instrumentos de gestão ambiental, sendo um importante elo entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGRH e o Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA. Apesar disso, tem-se poucos resultados desse instrumento no Brasil. O presente trabalho objetivou avaliar a percepção dos Comitês de Bacia Hidrográfica e dos órgãos gestores de recursos hídricos, dois importantes integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, quanto a implementação deste intrumento. Constatou-se que o enquadramento de corpos d'água é o instrumento menos priorizado por Comitês de Bacia Hidrográfica e órgãos gestores de recursos hídricos, sendo ainda muito pequena a implementação deste instrumento. Dentre os motivos para a morosidade, destacam-se entre os Comitês de Bacia Hidrográfica a falta de prioridade deste instrumento dentro do planejamento estadual dos recursos hídricos e de recursos financeiros. Já dentre os órgãos gestores, os principais problemas são a falta de recursos financeiros e humanos para a sua aplicação. Faz-se necessário um melhor entendimento dos aspectos regionais e aperfeiçoamento das legislações de forma a possibilitar a implementação das políticas de gestão de recursos hídricos em todas as regiões do Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de recursos hídricos – Política Nacional de Recursos Hídricos – Enquadramento dos corpos d'água

20 YEARS OF THE LAW 9.433/97: PERCEPTIONS OF RIVER BASIN COMMITTEES AND WATER MANAGEMENT BODIES ABOUT WATER REGULATION

ABSTRACT: The National Water Resources Policy provides 5 instruments, of which 2 are planning instruments: the Water Resources Plans and the Regulation of surface water based on Classes of Use. Although there have been legislation on the subject in the country for more than 30 years, the regulation of water bodies is the instrument less prioritized by River Basin Committees and water resources management bodies, and the implementation of this instrument is still very small. The reasons for this situation are mainly the priority of applying other management instruments to the detriment of the framework of surface waters. The vast majority of the water resources management bodies are focused on operationalizing the granting of water resources and on drawing up the Water Resources Plans with the Committees. Among the Committees, most are still investing in the elaboration and implementation of the Basin Plan, mostly financed by the state, and in operating the collection for the use of water resources. Among the reasons for the slowness, the River Basin Committees emphasize the lack of priority of this instrument within the state planning of water resources and financial resources. Among the managing bodies, the main problems are the lack of financial and human resources for their implementation. There is a need for a better understanding of regional aspects and improvement of legislation in order to enable the implementation of water resources management policies in all regions of Brazil.
PALAVRAS-CHAVE: Water resources management – National Water Resources Policy – Regulation of surface water

1 I INTRODUÇÃO

A Constituição Federal de 1988 se harmoniza com o conceito de desenvolvimento sustentável ao prever, em seu Art. 225, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988). De acordo com a Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, em seu Art. 3º, as águas superficiais e subterrâneas são um recurso ambiental, logo passível de proteção do Poder Público e da coletividade (BRASIL, 1981).

Os instrumentos de planejamento dos recursos hídricos são fundamentais, pois estimulam ou limitam o seu uso, com base na sua disponibilidade (LEAL, 2012). A gestão, por sua vez, busca definir as melhores alternativas de utilização das águas e orientar a tomada de decisões de modo a minimizar conflitos pelo seu uso e a produzir o desenvolvimento sustentável por meio de melhores resultados econômicos, sociais e ambientais. Para tanto, é fundamental a existência de instrumentos de

planejamento (ANA, 2013)

A Lei nº 9.433/1997, que ficou conhecida como a Lei das Águas, estabeleceu os Comitês de Bacia Hidrográfica – CBHs como parte integrante do Sistema Nacional de Recursos Hídricos – SNRH. Também integram o SNRH, os órgãos gestores de recursos hídricos, definidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH como os órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos, ao planejamento e a promoção de ações direcionadas à preservação da quantidade e da qualidade das águas, além de serem os órgãos da esfera governamental responsáveis pela implementação da PNRH (BRASIL, 1997). A Lei das Águas também prevê cinco instrumentos da PNRH: o Plano de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes de uso, a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Deste, dois são de planejamento: os Planos de Recursos Hídricos – PRH e o enquadramento dos corpos de água em classes de uso. De acordo com Ribeiro e Hora (2019), desde a sua instituição, em 1997, a PNRH vem sendo gradualmente implementada nas unidades federativas (UFs) do Brasil.

O enquadramento dos corpos d'água é o estabelecimento do nível de qualidade a ser alcançado ou mantido em um corpo hídrico de modo a assegurar a sua qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas, além de diminuir os custos de combate à poluição das águas (BRASIL, 1997).

Conforme apontado por RIBEIRO (2017), apesar de instrumentos similares existirem no cenário nacional desde 1976, e muito antes disso em legislações estaduais, como o Decreto Estadual n° 24.806 (SÃO PAULO, 1989), até muito recentemente, o estabelecimento do enquadramento no país vinha sendo feito de forma pouco participativa, o que tornava o processo mais eficiente, mas menos democrático. Tal cenário começou a mudar no final dos anos 1990 com a implementação da Lei das Águas, que com seu caráter descentralizador, busca incentivar a participação da sociedade na gestão e tomada de decisão (BRASIL, 2007). Porém, como esta forma de planejamento exige negociação e disposição por parte dos atores envolvidos, permanece muito pequena a implementação do enquadramento, tanto nos corpos hídricos estaduais como nos federais, o enquadramento restringindo-se a trechos de rios e, em alguns poucos casos, a algumas regiões hidrográficas estaduais, em sua maioria sem o rigor e os procedimentos previstos na Resolução CNRH n° 91/2008 (RIBEIRO, 2017). De acordo com o autor, o enquadramento é o instrumento menos priorizado por CBHs e órgãos gestores de recursos hídricos.

Com base no exposto, decorridos mais de 20 anos da promulgação da Lei nº 9.433/1997, faz se necessário um maior entendimento do enquadramento por parte dos atores envolvidos no processo de gestão dos recursos hídricos e a definição do

seu caráter de prioridade como instrumento de planejamento no cenário nacional de gestão de recursos hídricos.

2 I METODOLOGIA

A pesquisa realizada se desenvolveu por intermédio da aplicação de um questionário estruturado fechado de múltipla escolha cujo objetivo foi identificar as maiores dificuldades enfrentadas para a implementação do enquadramento de corpos d'água, e se os atores do SNRH considerados tem ciência da sua importância como instrumento de planejamento norteador das demais políticas de gestão de recursos hídricos.

As questões formuladas foram elaboradas antecipadamente, através de alternativas, tal como preconizado por Guerra (2006). Dessa forma, a despeito de cercear o tipo e quantidade de informações que possam ser adquiridas dos entrevistados, o questionário fechado coibe possíveis interpretações nos resultados por parte dos pesquisadores, uma vez que o entrevistado fica limitado às alternativas disponíveis (BODGAN; BIKLEN, 1999). Os Quadros 1, 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, os modelos de questionário aplicados.

Por mais que existam alguns Decretos e a CONAMA estipule a Classe 2 aos rios ainda não enquadrados, ainda há muito ou quase nula participação dos Comitês na elaboração do enquadramento dos rios de sua Bacia. Gostaria de saber quais as maiores dificuldades enfrentadas pelo órgão gestor para atuar mais incisivamente na pauta do enquadramento junto aos Comitês?
( ) Falta de recursos financeiros
( ) Falta de recursos humanos
( ) Falta de capacidade técnica
( ) Falta de metodologia que defina o processo de enquadramento
( ) Falta de articulação/ coordenação das ações entre os diferentes setores e grupos de interesse representados pelos membros do Comitê e que atuam na gestão dos recursos hídricos
( ) Ainda não é uma prioridade de Estado
( ) Outro (Qual?)

Quadro 1: Questionário 1 aplicado aos órgãos gestores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O enquadramento é uma pauta prioritária dentro das discussões do órgão gestor de recursos hídricos?
( ) Sim
( ) Não, o órgão gestor possui outras pautas mais urgentes
( ) Sim, porém o órgão gestor ainda não tem condições de prosseguir com essa pauta

Quadro 2: Questionário 2 aplicado aos órgãos gestores.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por mais que existam alguns Decretos e a CONAMA estipule a Classe 2 aos rios ainda não enquadrados, ainda há muito ou quase nula participação dos Comitês na elaboração do enquadramento dos rios de sua Bacia. Gostaria de saber quais as maiores dificuldades enfrentadas pelo Comitê para atuar mais incisivamente na pauta do enquadramento?
( ) Falta de recursos financeiros
( ) Falta de recursos humanos
( ) Falta de capacidade técnica
( ) Falta de metodologia que defina o processo de enquadramento
( ) Falta de articulação/ coordenação das ações entre os diferentes setores e grupos de interesse representados pelos membros do Comitê e que atuam na gestão dos recursos hídricos
( ) Ainda não é uma prioridade de Estado
( ) Outro (Qual?)

Quadro 3: Questionário 1 aplicado aos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O enquadramento é uma pauta prioritária dentro das discussões do Comitê?
( ) Sim
( ) Não, o Comitê possui outras pautas mais urgentes
( ) Sim, porém o Comitê ainda não tem condições de prosseguir com essa pauta

Quadro 4: Questionário 2 aplicado aos Comitês de Bacia Hidrográfica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Aos entrevistados, foi permitida a opção de selecionar mais de uma das alternativas.

Os dados coletados foram submetidos às técnicas estatísticas de tratamento de dados de tabulação da frequência relativa e porcentagem (BRASIL, 1998). As respostas obtidas nas entrevistas foram tabuladas com o auxílio de planilha eletrônica, e os resultados do conjunto de questões foram analisados e, posteriormente, identificados em subgrupos entre os entrevistados.

Buscou-se enviar o questionário aos órgãos gestores de recursos hídricos das 27 UFs, aos 211 CBHs de bacias estaduais e aos 9 CBHs de bacias interestaduais relacionados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017a). Os contatos foram realizados por e-mails e/ou ofícios encaminhados diretamente ou através do Sistema Eletrônico do Serviço de Informações ao Cidadão (e-SIC).

Responderam ao questionário, todos os órgãos gestores de recursos hídricos das UFs. Com relação aos Comitês, retornaram o contato, 126 CBHs de bacias estaduais e 4 de bacias interestaduais, como relacionado na Tabela 1.

Região	UF	Órgão Gestor	Comitês que Retornaram Contato	Comitês Instalados
Norte	AC	SEMA/AC	-	Não possui
Norte	AP	SEMA/AP	-	Não possui
Norte	AM	SEMA/AM	2	2
Norte	PA	SEMAS	-	Não possui
Norte	RO	SEDAM	-	Não possui
Norte	RR	FEMARH	-	Não possui
Norte	TO	SEMARH/TO	2	4
Nordeste	AL	SEMARH/AL	4	5
Nordeste	BA	INEMA	7	14
Nordeste	CE	COGERH	6	12
Nordeste	MA	SEMA/MA	2	2
Nordeste	PB	AESA	2	3
Nordeste	PE	APAC	5	7
Nordeste	PI	SEMAR	1	2
Nordeste	RN	IGARN	2	3
Nordeste	SE	SEMARH/SE	2	3
Centro-Oeste	DF	ADASA	-	3
Centro-Oeste	GO	SECIMA	4	5
Centro-Oeste	MT	SEMA/MT	7	10
Centro-Oeste	MS	IMASUL	2	3
Sudeste	ES	AGERH	8	12
Sudeste	MG	IGAM	15	35
Sudeste	RJ	INEA	6	9
Sudeste	SP	SSRH, CETESB e DAEE	12	21
Sul	PR	ÁGUASPARANÁ	6	11
Sul	RS	SEMA/RS	16	25
Sul	SC	SDSC	15	16
Federação	Interestaduais	ANA	4	9
Total	130	216		

Tabela 1: Órgãos gestores de recursos hídricos das UFs segundo a Agência Nacional de Águas (2017b) e número de CBHs que retornaram contato em relação ao total instalado.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Cabe ressaltar que de acordo com ANA (2017a), havia um Comitê instalado no estado de Rondônia, enquanto que Goiás totalizava oito. Porém, a Secretaria de Estado de Desenvolvimento Ambiental – SEDAM, em novembro de 2017, informou que o estado não possui Comitês instalados e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos – SECIMA informou a existência de apenas cinco CBHs na UF.

3 I RESULTADOS

As Figuras 1 e 2 indicam a percepção da importância da implementação do enquadramento dos corpos d'água entre CBHs e órgãos gestores.

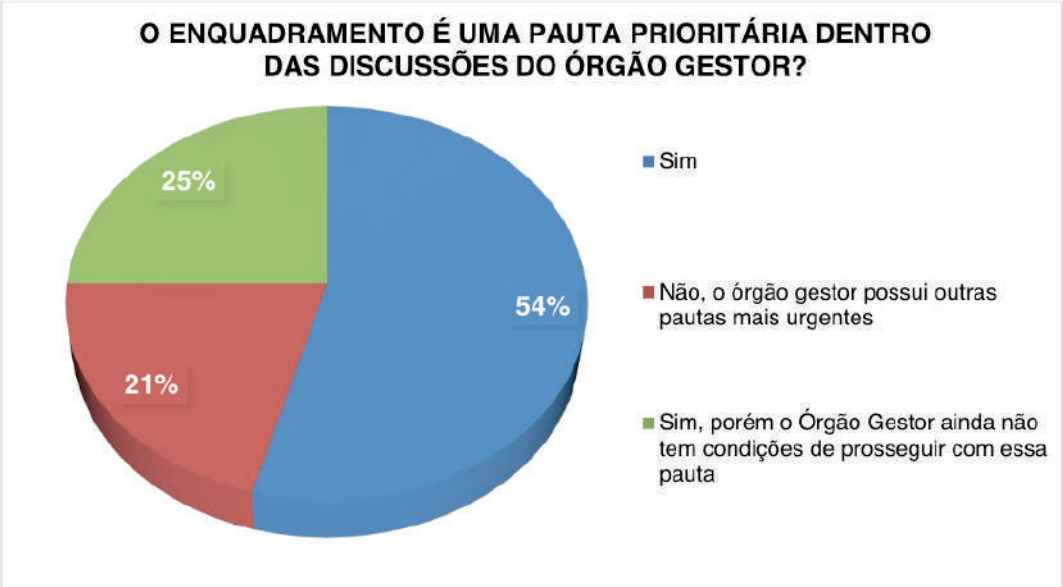


Figura 1: Percepção da importância do enquadramento entre os órgãos gestores de recursos hídricos.

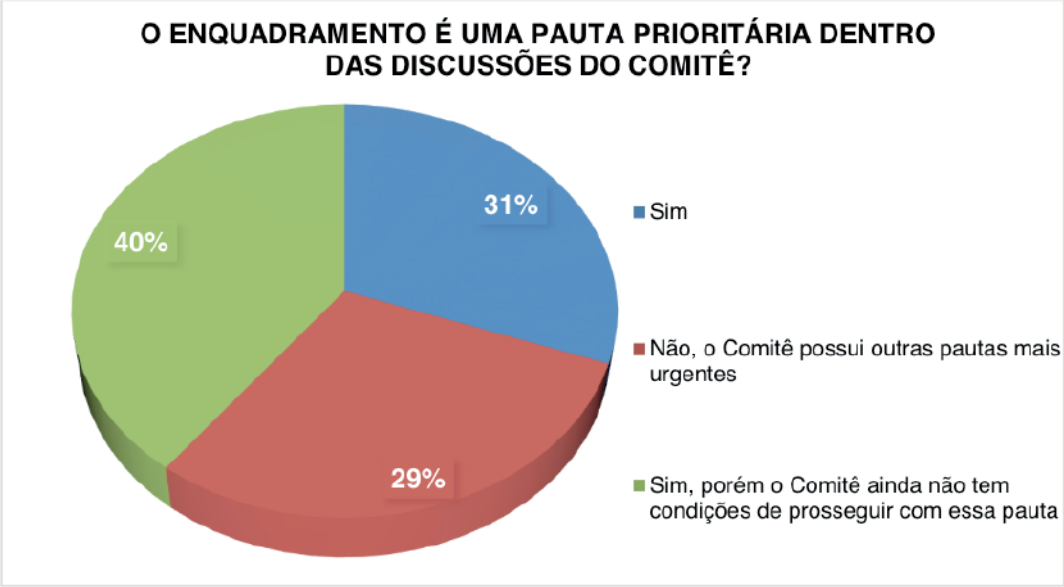


Figura 2: Percepção da importância do enquadramento entre os Comitês de Bacia Hidrográfica.

Diante do exposto, e sabendo da ciência da importância do enquadramento dentro dos Comitês e órgãos governamentais, buscou-se identificar os maiores problemas indicados pelos gestores como responsáveis pela não implementação do instrumento mesmo diante de sua reconhecida valia. A Figura 3 apresenta as dificuldades para ampliação do enquadramento conforme levantamento feito com os Comitês de Bacia Hidrográfica e os órgãos gestores de recursos hídricos das 27 unidades da federação.

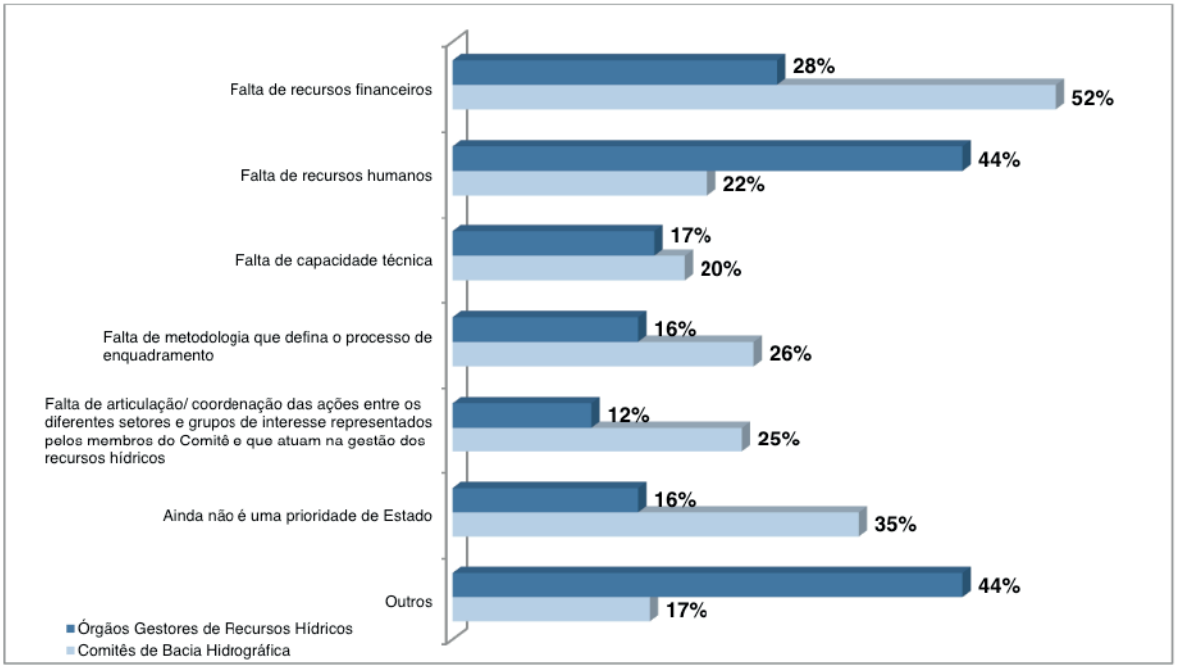


Figura 3: Problemas enfrentados pelos Comitês e pelos estados da República Federativa do Brasil para a implementação e aplicação do enquadramento.

Os principais problemas para a realização do enquadramento apontados pelos CBHs são a falta de recursos financeiros e o fato do instrumento ainda não ser considerado como uma prioridade de estado. Já dentre os órgãos gestores, os principais problemas são a falta de recursos financeiros e humanos para a sua aplicação. Na região Norte, o principal problema para a realização do enquadramento apontado pelos órgãos gestores é a a ausência de Comitês de Bacia (Outros): apesar de ser a maior dentre as cinco regiões do Brasil, possui apenas 6 Comitês efetivamente instalados, segundo informações das Secretarias de Recursos Hídricos e Meio Ambiente destas unidades federativas.

Segundo ANA (2017b), apenas três estados conseguiram operacionalizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos em todo o seu domínio: Ceará, Paraíba e Rio de Janeiro. Portanto, são poucos os Comitês que possuem algum tipo de autonomia financeira e na quase totalidade dos estados, os CBHs dependem do suporte estrutural do órgão gestor de recursos hídricos, que exerce as funções de Agência de Bacia. Estes, além de trabalharem com toda a Política Estadual de Recursos Hídricos, possuem também outras atribuições que não necessariamente estão diretamente citadas na mesma. A sobrecarga de funções, o número limitado de funcionários e a ausência de viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos que possibilite a sustentabilidade de Agências de Água desassociadas do estado são fatores preponderantes para os problemas citados pelos órgãos gestores e CBHs.

Há de destacar que mesmo nos estados onde já existe a previsão legal para a criação das Agências de Água, ainda é o estado que atua como secretaria executiva

dos CBHs para a maioria dos CBHs. Isso muito se deve ao fato de não existir a possibilidade de se manter a estrutura administrativa da Agência apenas com os recursos da cobrança em sua área de atuação. Ademais, a ausência de recursos provenientes da cobrança pelo uso da água muito se deve ao fato do modelo de cobrança pelo uso dos recursos hídricos adotado pela PNRH ser de difícil implantação em larga escala, pois ao contrário das regiões Sul e Sudeste, em diversas regiões hidrográficas do território nacional os usos são pontuais e dispersos, o que inviabiliza a arrecadação. Também não se pode ignorar a dificuldade de articulação com os grandes usuários em algumas regiões.

4 I CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

> Apesar de existir há mais de 30 anos na esfera federal, e há mais de 50 anos em estados, o enquadramento de corpos d'água é o instrumento da PNRH menos priorizado por CBHs e órgãos gestores de recursos hídricos, sendo ainda muito pequena a implementação deste instrumento. Os motivos para essa situação são principalmente a prioridade de aplicação de outros instrumentos de gestão, em detrimento do enquadramento.

Apesar desse cenário, a importância do instrumento para as políticas de gestão dos recursos hídricos é reconhecida pelos organismos do SGRH. O enquadramento possui um papel central dentro das políticas de gestão dos recursos hídricos, por se tratar de um instrumento de planejamento que possui interfaces com os demais aspectos da gestão de recursos hídricos e de meio ambiente.

Dentre os motivos para a morosidade, destacam-se entre os Comitês de Bacia Hidrográfica a falta de prioridade deste instrumento dentro do planejamento estadual dos recursos hídricos e de recursos financeiros. Já dentre os órgãos gestores, os principais problemas são a falta de recursos financeiros e humanos para a sua aplicação.

Por fim, após quase trinta anos de um modelo pouco participativo, é necessário um maior entendimento deste instrumento por parte dos atores envolvidos no processo de gestão dos recursos hídricos e a definição do caráter de prioridade do enquadramento como instrumento de planejamento. Faz-se necessário um melhor entendimento dos aspectos regionais e aperfeiçoamento das legislações de forma a possibilitarem a implementação das políticas de gestão de recursos hídricos em todas as regiões do Brasil. Um conjunto de ações também deve ser realizado de forma a possibilitar a criação de fundos e mecanismos de apoio técnico e financeiro às atividades dos Comitês, principalmente em regiões onde a sustentabilidade financeira através da cobrança pelo uso dos recursos hídricos não é possível.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). O Comitê de Bacia Hidrográfica: prática e procedimento. Cadernos de Recursos Hídricos. v. 2. Brasília: SAG, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Planos de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água. Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos. v. 5. Brasília: SAG, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Correspondência CI n 306, referência 00000.068125/2017-93, de 24 de outubro de 2017a. Carta. Brasília. DF.

BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Disponível em http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/. Acessado em 11 de novembro de 2017b.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 10 de outubro de 2019.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 2 de dezembro de 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: http://www.mma.gov.br/. Acessado em 20 de novembro de 2017.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Técnicas de entrevista para auditorias. Brasília: TCU, Secretaria Geral de Controle Externo Secretaria de Auditoria e Inspeções, 1998.

BODGAN, Robert C.; BIKLEN, Sari K. Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto Ed., 1999.

FELDMANN, Fábio. Revisão constitucional e recursos hídricos. In: MILLAR, Agustín A. (editor). O gerenciamento dos recursos hídricos e o mercado de águas. Brasília: Secretaria de Irrigação, 1994, p. 12.

GUERRA, Isabel Carvalho. Pesquisa qualitativa e análise de conteúdo: sentidos e formas de uso. Cascais: Principia, 2006.

LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. Entre-Lugar. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, ano 3, n. 6, 2012, p. 65-84.

RIBEIRO, Paulo Eduardo Aragon Marçal. Perspectiva dos 20 anos da lei n°9.433/97: percepções dos comitês de bacia hidrográfica e dos órgãos gestores de recursos hídricos. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) em Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2017.

RIBEIRO, Paulo Eduardo Aragon Marçal.; DA HORA, Mônica de Aquino Galeano Massera. 20 ANOS DA LEI N° 9.433/97: PERCEPÇÕES DOS COMITÊS DE BACIA HIDROGRÁFICA E DOS ÓRGÃOS GESTORES ACERCA DA IMPLEMENTAÇÃO DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Rega: revista de gestão de água da América Latina. Niterói. Rio de Janeiro, v v. 16, e1, 2019.

CAPÍTULO 18

PRÉ-DIAGNÓSTICO DAS EFICIÊNCIAS ELETROMECÂNICAS E HIDROENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA A PARTIR DO CONSUMO ENERGÉTICO NORMALIZADO

Data de aceite: 09/01/2020

Luis Henrique Pereira da Silva
Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre em Tecnologia da Energia pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Coordenador de Eficiência Energética da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa).

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Economia também pela UFPE. Coordenador de Manutenção Elétrica da Compesa.

Leonardo Nascimento de Oliveira
Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Especialista em Energia Solar e Eólica pela POLI/UPE. Engenheiro Eletricista da Compesa.

Milton Tavares de Melo Neto
Engenheiro Eletricista pela UFPE. Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica também UFPE. Especialista em Eficiência Energética da Compesa.

Hudson Tiago dos Santos Pedrosa
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL). Mestre em Tecnologia ambiental e Recursos Hídricos pela UFPE. Gerente de Segurança de Barragens da Compesa.

RESUMO: Grande parte do consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água está relacionado com a operação de conjuntos moto-bomba. É uma situação comum nas companhias de saneamento a falta de acompanhamento dos desempenhos eletromecânico e hidroenergético de sistemas elevatórios de água. Por conta disso, existem custos significativos que são desconhecidos e, como consequência, não são evitados de forma efetiva. O presente trabalho foi realizado com base no método desenvolvido entre a Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) do extinto Ministério das Cidades do Brasil, agora Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e o Ministério Federal da Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, com a cooperação do projeto de "Eficiência Energética no Abastecimento de Água" (ProEESA). O método em questão é pautado no cálculo do Consumo Específico Normalizado (CEN), em [kWh/(m³x100m)], ou em (%) de rendimento do conjunto motor-bomba e compara os rendimentos diagnosticados com valores de referência relativos a bombas e motores. Para realização do pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergéticas, foram selecionadas dez unidades elevatórias de água com características distintas operacionais tanto em alturas manométricas, quanto em capacidade de produção. As unidades ficam localizadas na Região Metropolitana do Recife (RMR) e pertencem à Companhia

Pernambucana de Saneamento (Compesa). Foi possível identificar que as estações elevatórias EEAT VIANA e EEAT BOTAFOGO II destacam-se com os valores CEN de 0,38 kWh/(m³x100m), o que significa uma eficiência média da ordem de 72% para ambas as unidades.
PALAVRAS-CHAVE: Moto-bomba, Pré-diagnóstico, Consumo Específico Normalizado.

PRE-DIAGNOSTIC OF ELECTROMECHANICAL AND HYDROENERGICAL EFFICIENCY OF WATER SUPPLY SYSTEMS FROM STANDARDIZED ENERGY CONSUMPTION

ABSTRACT: Much of the electricity consumption in water supply systems is related to the operation of motorcycle pump sets. It is common in sanitation companies for the lack of monitoring of electromechanical and hydroenergetic performances of water lifting systems. Because of this, there are significant costs that are unknown and as a consequence are not effectively avoided. This work was based on the method developed between the National Sanitation Secretariat (SNS) of the former Ministry of Cities of Brazil, now the Ministry of Regional Development (MDR) and the Federal Ministry of Economic Cooperation and Development (BMZ) of Germany, with the cooperation of the project “Energy Efficiency in Water Supply” (ProEESA). The method in question is based on the calculation of Normalized Specific Consumption (CEN), in [kWh / (m³x100m)], or in (%) motor pump set performance and compares the diagnosed yields with reference values for pumps and engines. For the pre-diagnosis of the electromechanical and hydroenergetic efficiencies, ten water lifting units with distinct operational characteristics were selected, both in manometric heights and in production capacity. The units are located in the Recife Metropolitan Region (RMR) and belong to the Pernambuco Sanitation Company (Compesa). It was possible to identify that the EEAT VIANA and EEAT BOTAFOGO II pumping stations stand out with CEN values of 0.38 kWh / (m³x100m), which means an average efficiency of 72% for both units.
KEYWORDS: Motor Pump, Pre-diagnosis, Standard Specific Consumption.

1 I INTRODUÇÃO

O insumo energia elétrica é bastante significativo para as companhias de saneamento. No Brasil, quase a totalidade dessas companhias (98%), tem entre seus três maiores custos, as despesas com energia elétrica (GOMES, 2010). De acordo com os dados divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), em 2016 estas empresas gastaram R$ 5,42 bilhões com energia elétrica, e foram responsáveis pelo consumo de aproximadamente 2,5% de toda a energia elétrica demandada do país, tendo sido consumidos cerca de 11,8 bilhões de kWh.ano^{-1} (SNIS, 2016).

A necessidade de otimização de custos com energia elétrica tem sido uma

preocupação constante entre as empresas prestadoras de serviços públicos de água e esgotamento sanitário, sejam elas pequenas ou grandes corporações. Um aspecto importante é o incremento de demanda de água e esgoto no setor de saneamento, criação de novos sistemas, etc. Dessa forma, mesmo com o subsídio de 12% aplicados pelas concessionárias de energia às tarifas, a tendência do setor é a de operar com elevação do consumo de energia elétrica e, como consequência disso, aumento de custos.

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), é possível diminuir o consumo de energia elétrica nos sistemas de abastecimento de água em cerca de 4,7 bilhões de $kWh.ano^{-1}$, apenas com a redução de perdas e aumento da eficiência eletromecânica de bombas e motores (SPE, 2010). De acordo com Tsutiya (2006), existem quatro áreas de oportunidades para melhorias da eficiência energética em sistemas de abastecimento de água: 1) O uso racional de água no consumidor; 2) A configuração e operação do sistema; 3) A otimização da eficiência eletromecânica de bombas e motores: 4) A redução de perdas de água na distribuição.

Segundo a NBR ISO 50001 (2018), eficiência energética é o *quantum* da relação entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia. Portanto, o Consumo Específico (CE), que relaciona quantidade de energia consumida (kWh) com a quantidade de volume de água fornecido (m^3), é um bom indicador para a eficiência energética do sistema. Um "problema" em relação ao CE é o fato de que esse índice não considera a altura manométrica a ser superada por cada sistema, o que pode provocar interpretações equivocadas.

O indicador de Consumo Específico Normalizado (CEN), desenvolvido pelo Projeto de Eficiência Energética (ProEESA) permite o controle do rendimento de estações elevatórias, considerando, além da quantidade de energia consumida (kWh) e do volume de água fornecido (m^3), a altura manométrica (mca). Dessa forma, o CEN é capaz de captar peculiaridades de sistemas elevatórios cujas alturas manométricas são diferentes, calculando puramente o rendimento do conjunto motor-bomba (CAVALEIRO *et al.*, 2017).

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Na tabela 1, segue relação de dez unidades estudadas, bem como as informações relativas aos conjuntos moto-bomba.

Dados Base		Conjunto Moto-Bomba Atual		
Código	**Estação elevatória**	**Tipo de motor**	**Qtde. bombas em operação simultânea**	**Potência de cada motor [kW]**

A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	externo	3	257,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	externo	2	331,00
C	EEAB BOTAFOGO I	externo	2	552,00
D	EEAT BOTAFOGO II	externo	2	257,00
E	EEAB TIÚMA	externo	3	441,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	externo	2	316,00
G	EEAT VIANA	externo	2	220,50
H	EEAT MORROS	externo	2	184,00
I	EEAB PARATIBE	externo	2	257,00
J	EEAB ARATACA	externo	2	257,00

Tabela 1: Unidades selecionadas para o estudo.

Fonte: Os autores, 2019.

Na tabela 2, seguem as informações relativas à volume de água elevado, altura manométrica e energia elétrica consumida. Os dados de volume e energia elétrica são referentes ao ano de 2017.

Código	Estação elevatória	Volume elevado em 2017 [m³]	Altura manométrica média [m]	Energia elétrica consumida em 2017 [kWh]
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	17.660.000,00	71,10	6.231.840,00
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	11.107.920,00	118,80	5.340.751,00
C	EEAB BOTAFOGO I	20.848.604,00	88,00	8.691.648,00
D	EEAT BOTAFOGO II	22.064.364,00	45,00	3.767.407,00
E	EEAB TIÚMA	22.387.632,00	44,70	5.912.786,00
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	21.083.170,00	45,80	4.648.303,00
G	EEAT VIANA	13.937.886,00	83,00	4.362.503,00
H	EEAT MORROS	7.295.976,00	79,20	3.084.369,00
I	EEAB PARATIBE	6.865.044,00	94,00	3.267.392,00
J	EEAB ARATACA	10.244.112,00	97,50	5.102.333,00

Tabela 2: Dados das unidades estudadas utilizados para o cálculo dos indicadores CE e CEN.

Fonte: Os autores, 2019.

O consumo específico de energia (CE), dado em kWh/ m³, para as informações

contidas na tabela 2, estão representados na figura 1.

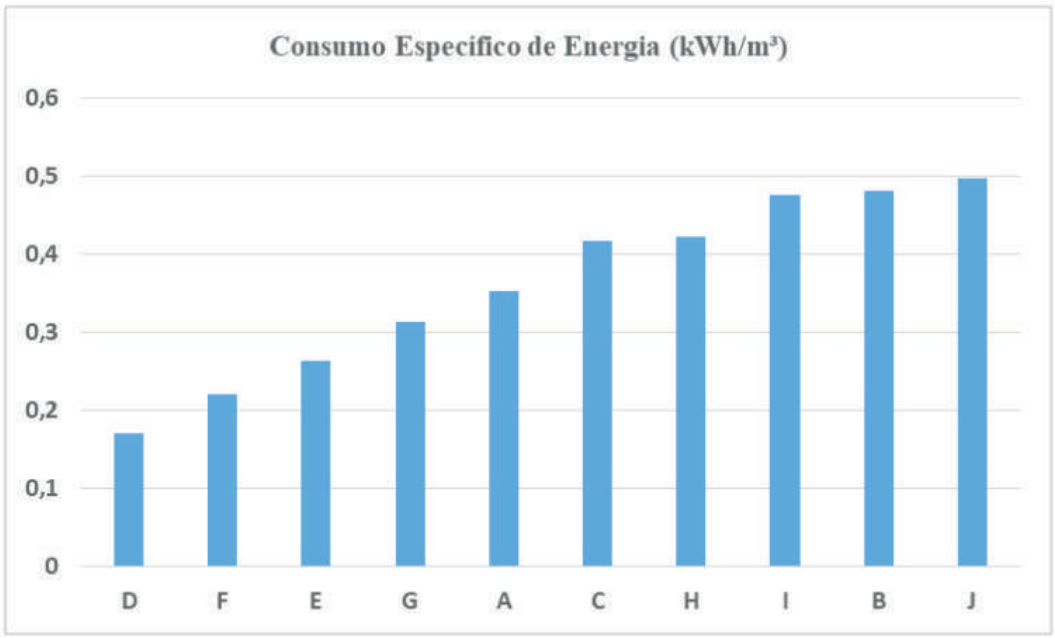


Figura 1: Consumo específico de energia das unidades estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

Ocorre que o CE por si só não indica eficiência energética. As condições orográficas individuais em cada sistema de abastecimento exigem uma exploração com maior ou menor intensidade energética, porém, a avaliação do histórico de cada sistema pode trazer informações se os serviços estão se aproximando ou afastando de regimes de eficiência energética.

Para avaliar o desempenho energético dos equipamentos eletromecânicos o indicador mais adequado é o da IWA Ph5 ou CEN – Consumo de Energia normalizado expresso em [kWh/(m³x100m)] e facilmente convertível em rendimento do conjunto moto-bomba **η** (%). Este indicador corresponde ao inverso da eficiência média de bombeamento do grupo motobomba.

O cálculo do indicador CEN envolve três variáveis de entrada: o volume total de água bombeado no período de referência; a altura manométrica média a ser superada pelo sistema e o total de energia elétrica consumida pelos conjuntos moto-bomba também no período de referência, conforme poder ser verificado na equação 1.

$$CEN = \frac{E}{F_{unif}}$$

equação (1)

Onde:

- E é o total de energia elétrica consumida para bombeamento (kWh);
- Funif é o fator de uniformização (m³×100m).

O fator de uniformização é utilizado para que seja feita a normalização pela altura geométrica, conforme equação 2.

$$F_{unif} = \frac{V \times H}{100}$$ equação (2)

Onde:

- V é o volume total de água elevado no período de referência em (m³);
- H é a altura manométrica média verificada no período de referência (mca).

Resulta-se na equação 3, abaixo:

$$CEN = \frac{E \times 100}{V \times H}$$ equação (3)

O cálculo do indicador CEN resulta em um valor em [kWh/(m³x100m)], que representa o rendimento do sistema de bombeamento. A magnitude deste resultado é inversamente proporcional ao rendimento expresso em (%), ou seja, sistemas pouco eficientes apresentam valores elevados de CEN, enquanto sistemas mais eficientes apresentam valores de CEN mais baixos.

O mínimo valor teórico é 0,2725, (η = 100%) que corresponde a um sistema capaz de converter toda a energia elétrica fornecida em pressão hidráulica na tubulação de saída do conjunto moto-bomba. Tal sistema é apenas teórico, visto que perdas por vibração, aquecimento, escorregamento, etc., no motor e na bomba sempre ocorrerão, mesmo que possam ser reduzidas a um mínimo.

O indicador CEN pode ser convertido em rendimento percentual, conforme equação 4:

$$CEN\left[\frac{kWh}{m^3 x 100m}\right] = \frac{E}{F_{unif}} = \frac{P \times t[h]}{V \times H/100} = 3{,}6 \times 10^5 \times \frac{P}{Q[m^3/s] \times H} = \frac{0{,}2725}{\eta}\ (\%)$$ equação (4)

O rendimento obtido a partir do CEN é, no âmbito desta metodologia, um pré-diagnóstico do nível de eficiência do sistema de bombeamento. Estes resultados

devem ser encarados como orientadores para decisões preliminares e não para decisões definitivas sobre investimentos ou intervenções de elevado valor.

3 I RESULTADOS OBTIDOS

O consumo de energia normalizado das instalações elevatórias corresponde ao rendimento eletromecânico dos conjuntos moto-bomba. Este indicador consiste na quantidade média de energia consumida por m³ de água elevada a uma altura manométrica de 100m. Sobre o indicador em questão, são feitas as seguintes considerações:

- Um valor bom para este indicador é entre 0,27 e 0,411 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias entre 63 e 100%).
- Um valor mediano encontra-se entre 0,411 e 0,586 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias entre 47 e 63%).
- Valores insatisfatórios são superiores a 0,586 kWh/(m³x100 m) (correspondentes a eficiências médias inferiores a 47 %).

Em realidade, cada estação elevatória tem os seus próprios valores de referência de acordo com a sua potência e as especificações dos fabricantes. Estes valores de referência genéricos estão representados em faixas na figura 2, relativa aos valores de CEN das unidades estudadas.

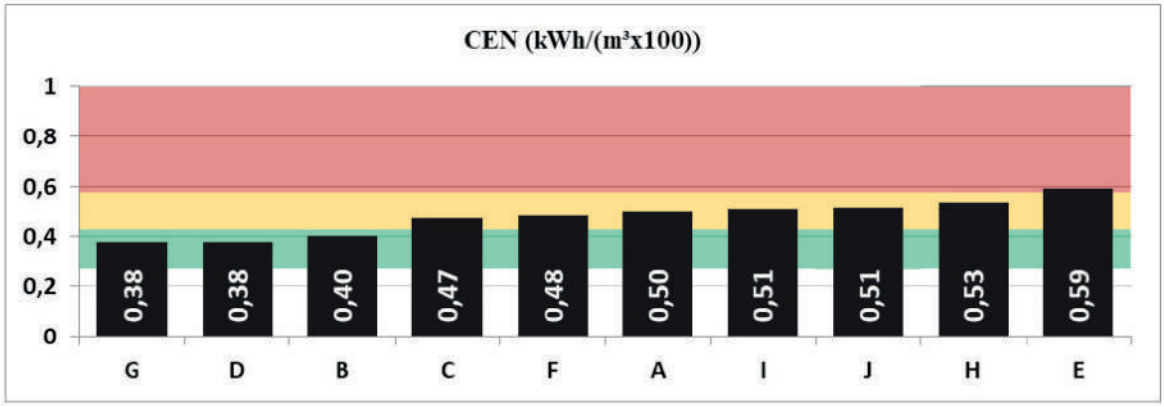


Figura 2: Consumo específico normalizado de energia das unidades estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

Com base nos valores de CEN indicados na figura 2, é possível calcular os valores dos rendimentos dos sistemas elevatórios, conforme tabela 3.

Código	Estação elevatória	CEN [kWh/ (m³x100m)]	η (%)
A	EEAB MONJOPE - ETA ALTO DO CÉU	0,50	54,90
B	EEAB MONJOPE - ETA BOTAFOGO	0,40	67,33

C	EEAB BOTAFOGO I	0,47	57,52
D	EEAT BOTAFOGO II	0,38	71,82
E	EEAB TIÚMA	0,59	46,12
F	EEAB DUAS UNAS/BARRAGEM	0,48	56,61
G	EEAT VIANA	0,38	72,26
H	EEAT MORROS	0,53	51,05
I	EEAB PARATIBE	0,51	53,82
J	EEAB ARATACA	0,51	53,34

Tabela 3: Rendimentos das estações elevatórias de água estudadas.

Fonte: Os autores, 2019.

4 I ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao comparar as figuras 1 e 2, nota-se que, como esperado, as elevatórias com os menores consumos específicos (CE), não necessariamente são as mais eficientes na análise do consumo específico normalizado (CEN). No estudo realizado, verificou-se a coincidência para a estação elevatória EEAT BOTAFOGO II para ambos os índices, porém o mesmo não ocorreu para a EEAT VIANA.

Obviamente, trata-se apenas de um pré-diagnóstico, mas que serve para balizar uma possível definição de regime operacional e de priorização nas intervenções, quando das manutenções preventivas e corretivas, bem como nas substituições de equipamentos.

5 I CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Embora o CEN seja adequado para a realização de pré-diagnósticos, sobretudo porque diagnósticos mais detalhados requerem mais informações e maiores precisões, pode-se considerar que é uma ferramenta interessante e de fácil manuseio para a realização de estudos de eficiência energética em sistemas.

É importante atentar para o fato de que o fator de uniformização não distingue perdas de cargas de alturas geométricas. Como sugestão, fica a possibilidade de realização de cálculos estimativos de potencial de economia de redução de energia e *payback* de investimentos, uma vez que a partir do CEN e do rendimento calculado é possível estimar investimentos para o aumento da eficiência energética de cada sistema.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 50001:2011**: Sistemas de gestão

de energia – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: 2018.

CAVALEIRO, R., POSSETTI, G., NETO, J., SILVEIRA, A., LIMA, J. **Artigo – XII-013 Método para monitoramento e pré-diagnóstico das eficiências eletromecânicas e hidroenergética de sistemas elevatórios de água** – ABES-FENASAN (out. 2017).

H. P. GOMES. **Sistemas de Saneamento – Eficiência Energética**. Editora Universitária, João Pessoa-PB, p.3, 2010. 1ª edição. 366p.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) (Comp.). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 2015. [s.l.], 2016. **(Diagnóstico Anual Água e Esgotos). Compilação e cálculos baseados em series históricas e indicadores por abrangência disponibilizados**. Disponível em: < http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>. Acesso em: 31 out. 2018

SPE (Secretraria de Planejamento e Desenvolvimento Energético). **Plano Nacional de Eficiência Energética:** premissas e diretrizes básicas. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2010. 156 p.

TSUTIYA, M.T., **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água**. 2. Ed. São Paulo: Abes, 2006b. 183

CAPÍTULO 19

PROCEDIMENTO PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE REUSO DE ÁGUA EM SISTEMAS RESFRIAMENTO

Data de aceite: 09/01/2020

Ewerton Emmanuel da Silva Calixto
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador/Ba

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa
Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador/Ba

Lidia Yokoyama
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro/RJ

Sérgio Pagnin
PETROBRAS PETRÓLEO S.A./Centro de Pesquisas Leopoldo A. de Mello
Rio de Janeiro/RJ

Andréa Azevedo Veiga
PETROBRAS PETRÓLEO S.A./Centro de Pesquisas Leopoldo A. de Mello
Rio de Janeiro/RJ

RESUMO: As refinarias de petróleo utilizam grandes quantidades de água em diversas atividades, sendo que cerca de 50% desta precisa ser refrigerada em torres de resfriamento. O desempenho destas torres pode ser avaliado mediante a simulação do comportamento dos processos de tratamento, tanto na fase de dimensionamento quanto na operação. Os padrões dos parâmetros ambientais a serem alcançados na saída destes processos podem ser obtidos com o menor consumo energético e com aquelas operações que representem o menor custo operacional total. Para tal, torna-se necessário o uso de uma metodologia conhecida como síntese de processos. Com o uso desta técnica é possível gerar cenários de fluxogramas de processo otimizados, seja via critério financeiro, energético, de eficiência, interações entre eles etc. Este estudo visa a implementação de um sistema computacional que contemple a simulação e a síntese dos processos de tratamento de efluentes, visando principalmente, o reúso, em sistemas de resfriamento de refinarias de petróleo. A implementação da metodologia da simulação e síntese do processo, ferramenta computacional desenvolvida nesta pesquisa, visa beneficiar diretamente o setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis, contribuindo para a otimização das rotas de tratamento ao indicar o melhor processo/tecnologia a ser implementado na planta com, por exemplo, um menor custo global de CAPEX e/ou OPEX, minimização do consumo de água e menor consumo energético. Os resultados obtidos mediante aplicação da mesma em exemplos reais, demonstram a simplicidade de uso e, ao mesmo tempo, a robustez do programa.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de Efluentes, Simulação de Equipamentos para Tratamento,

Síntese de Equipamentos para Tratamento, Refinaria de Petróleo.

PROCEDURE FOR EVALUATE REUSE ALTERNATIVES IN COOLING WATER SYSTEMS

ABSTRACT: Oil refineries use large amounts of water for a variety of activities, where about 50% of it needs to be cooled in cooling towers. The performance of these towers can be evaluated by simulating the behavior of the treatment processes, both in the design and operation phase. The standards of the environmental parameters to be achieved downstream these processes can be obtained with the lowest energy consumption and those operations that represent the lowest total operating cost. This requires the use of a methodology known as process synthesis. Using this technique, it is possible to generate optimized process flowsheet scenarios, whether via financial, energy, efficiency, interactions between them, etc. This study aims to implement a computational system that contemplates the simulation and synthesis of wastewater treatment processes, mainly aiming at reuse in cooling systems of oil refineries. The implementation of the process simulation and synthesis methodology, a computational tool developed in this research, aims to directly benefit the oil, natural gas and biofuels sector, contributing to the optimization of treatment routes by indicating the best process / technology to be implemented in the plant with, for example, lower overall cost of CAPEX and / or OPEX, minimization of water consumption and lower energy consumption. The results obtained by applying it to real examples demonstrate the simplicity of use and, at the same time, robustness of the program.

1 I INTRODUÇÃO

Além dos processos de produção dos derivados, refinarias necessitam também de processos auxiliares que supram as necessidades de seus processos produtivos, fornecendo insumos (água, vapor, energia elétrica, hidrogênio etc.) e/ou reduzindo seus impactos ambientais. Dentre tais insumos, a água tem seu destaque, na medida em que os sistemas de resfriamento das refinarias são responsáveis pela demanda de 40% a 50% (percentual considerável) total de água consumida.

Neste cenário, as torres de resfriamento possuem a maior relevância. Em geral, funcionam em sistemas semiabertos, ou seja, sistemas abertos com recirculação de água. Tal funcionamento acarreta perdas por evaporação, respingos, operação de drenagem (*blowdown* ou purga) para controle de concentração dos sólidos dissolvidos, entre outros. Estas perdas são compensadas com adição de água "tratada", chamada de água de reposição, com menores teores de sais dissolvidos. Além disso, produtos químicos inibidores de corrosão e incrustação são adicionados ao sistema, e a água de reposição (*make-up*) deve apresentar teores baixos de salinidade, material orgânico, sólidos suspensos e microrganismos (TROVATI, 2004).

Outrora, a água de *make-up ou* reposição era oriunda de águas captadas de rios, pós clarificação, refletindo em custos de outorga de uso da água e do tratamento para clarificação da mesma. O panorama atual e sustentável é voltado para o reúso do efluente industrial tratado. Além disso, o funcionamento de um sistema de resfriamento é bastante complexo, envolvendo desde o controle de aditivos químicos até a minimização da evaporação e o equilíbrio de concentrações de sais na água, demandando projetos com maior eficiência de troca térmica e menor perda de vapor d´água. Tais parâmetros podem ser ajustados mediante a otimização do sistema de resfriamento. Tal otimização é realizada sob o ponto de vista de redução total dos custos, a partir da avaliação das correntes de purga e *make-up*, do ciclo de concentração e da adição dos produtos químicos inibidores de corrosão e incrustação. Esta torna-se vantajosa, na medida em que reduz o custo total do processo, o consumo de água, de energia etc.

As refinarias de petróleo utilizam grandes quantidades de água em diversas atividades, desde os processos de destilação primária até os tratamentos finais (MARIANO, 2001), sendo exemplos de consumidores as unidades de processos, os sistemas de geração de vapor, e as torres de resfriamento. Logo, uma das principais finalidades da água nas plantas de refino é o resfriamento das correntes de processo, o qual deve ser reduzido ou removido (VANELLI, 2004).

As perdas por evaporação, em função da troca térmica realizada nas torres de resfriamento, são as principais responsáveis pela necessidade de reposição do sistema. Porém, as limitações legais na captação de fontes primárias de água tornam a opção do reúso de efluentes como opção a ser avaliada. Há, contudo, necessidade de avaliação dos impactos do reuso de efluentes tratados ou não na integridade da planta industrial.

Por outro lado, nos processos de tratamento de águas residuais objetiva-se a redução dos contaminantes de acordo com a regulamentação legais ambientais para descarte, ou para cumprir os requisitos de qualidade de água para fins de reutilização em processos industriais (Figura 1).

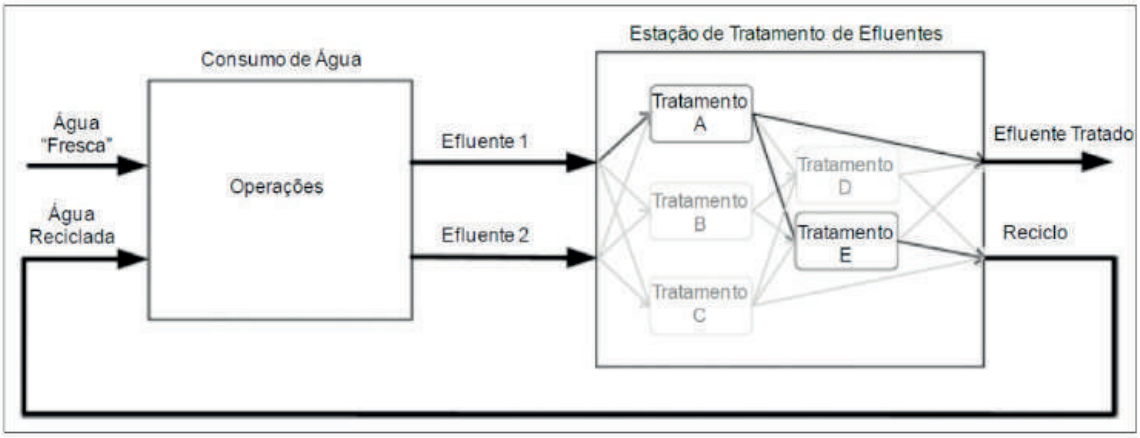


Figura 1 - Esquema de projeto de otimização de estação de tratamento de efluentes (QUAGLIA et al., 2013).

Neste sentido, este trabalho apresenta um sistema especialista como ferramenta auxiliar seleção, composição e tratamento de água de reposição. A geração automática de fluxogramas com um menor custo total e a possibilidade de simular um processo já existente são alguns dos benefícios que o procedimento e a ferramenta aqui apresentados podem oferecer.

2 I OBJETIVOS

Este trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema especialista para a avaliação e simulação das fontes de água para reposição em sistemas de resfriamento, com capacidade de simular correntes hídricas (únicas ou misturas) ou prever rotas de tratamento para o condicionamento da água a ser obtida.

Dentre os objetivos específicos mencionam-se:

- Desenvolver modelagem para o balanço de massa de uma estação de tratamento de efluentes;
- Desenvolver procedimento heurístico para a geração (síntese) do melhor fluxograma com base no critério de maior eficiência;
- Desenvolver pacote computacional para a automatização dos procedimentos supracitados.

3 I MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Simulação de Redes de Tratamento de Efluentes

A análise de sistemas de tratamento de efluentes, mediante simulações, vem sendo realizada em cenários, tanto no contexto urbano quanto no industrial. Em ambos os contextos, a estratégia mais empregada é a sequencial modular (SCHÜTZE; BUTLER; BECK, 2002).

A Figura 3 mostra uma rede de tratamento de efluentes onde cada equipamento é representado por um módulo. As equações matemáticas encontram-se ordenadas tanto para o dimensionamento quanto para a simulação. Este método tem como vantagem o fato das equações serem ordenadas apenas uma vez durante o processo de criação dos módulos. Para cada situação é preciso apenas ordenar os módulos segundo o fluxograma do processo.

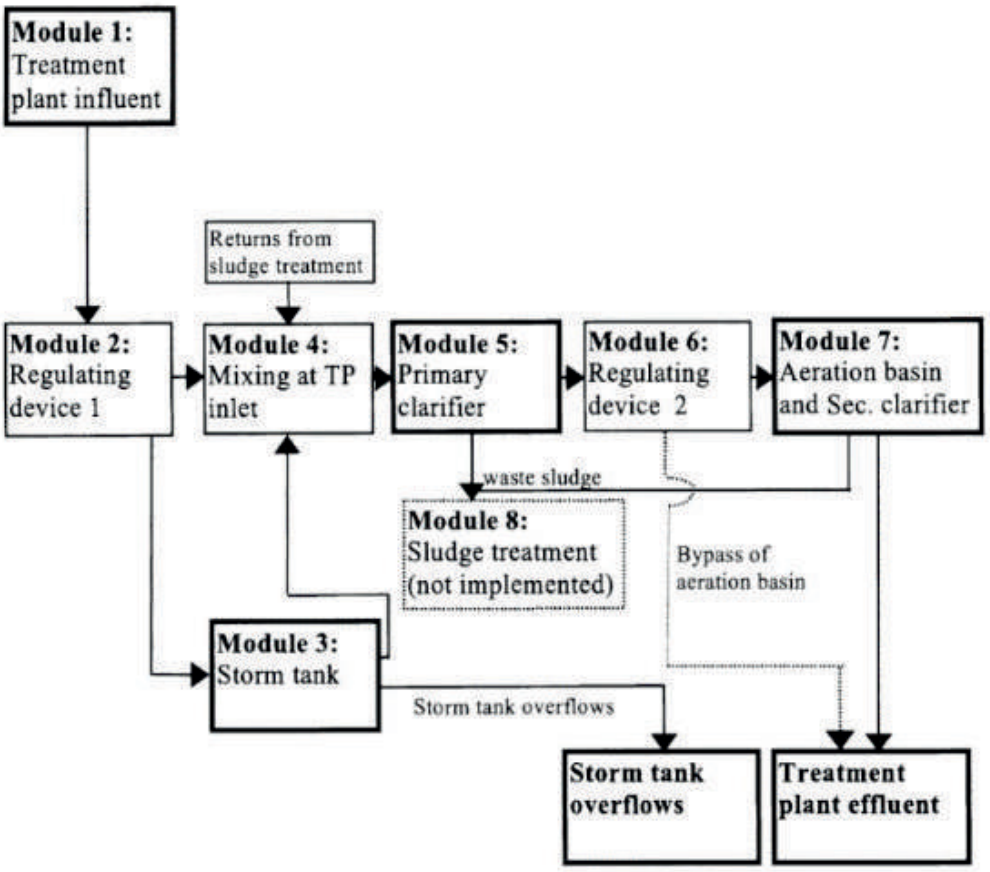


Figura 2 - Estrutura sequencial modular de uma planta de tratamento de efluente.

Nos problemas de simulação, equações dos módulos são ordenadas para simulação. Com os valores das variáveis das correntes de entrada e das dimensões do equipamento, o módulo calcula os valores das variáveis das correntes de saída.

Neste trabalho, os módulos são compostos pelas equações de balanço de massa por parâmetro, em estado estacionário, com base nas eficiências conhecidas de cada parâmetro em cada equipamento.

3.2 Parâmetros Ambientais

Foram selecionados 84 parâmetros ambientais (ex: dureza, sólidos em suspensão, turbidez, condutividade etc.) e 66 equipamentos de tratamento de efluentes típicos de refinarias de petróleo.

3.3 Balanço de Massa em Estado Estacionário

As equações do balanço de massa em estado estacionário para cada equipamento foram implementadas em módulos e levaram em conta as eficiências de remoção para cada parâmetro em cada equipamento do processo. Cada equipamento possui um conjunto de parâmetros que indicam a eficiência de remoção dos equipamentos. Tanto estes parâmetros quanto as eficiências de referência ou eficiências-padrão foram especificadas levando-se em conta informações e valores

obtidos da literatura. Também é possível cadastrar no software valores de eficiências para cada equipamento desejado, sendo estes salvos num banco de dados de eficiências.

3.4 Cálculo de Custo e Consumo Energético

Os cálculos dos custos totais (CAPEX + OPEX) dos processos de tratamento foram realizados com base em informações obtidas na literatura sendo expressos em dólares por metro cúbico de água (US$/m³) e dólares por ano (US$/a).

Os cálculos dos consumos energéticos foram realizados em função da vazão de água e expressos em quilowatt-hora por ano (kWh/a).

8Simulação em Torres de Resfriamento

Numa torre de resfriamento operando em estado estacionário e sem acúmulo de matéria, tem-se o seguinte balanço global:

$$R + F = E + A + D + I \quad (1)$$

Em que R indica a vazão de água de reposição (m³/h), F representa as outras fontes de alimentação de água (ex: condensadores de contato ou água de chuva), E representa a vazão de evaporação (m³/h), A é a vazão de perdas em virtude de arraste de gotículas (m³/h), D é a vazão de descargas (purgas) (m³/h) e I indica as perdas intermediárias pelas quais vazamentos, transbordamentos, infiltrações, drenos abertos, ou outros usos para a água de recirculação, por exemplo. Não havendo outras fontes de alimentação e outros tipos de perdas (F = 0 e I = 0), a expressão se reduz a:

$$R = E + A + D \quad (2)$$

A concentração de sais minerais dissolvidos na torre durante a evaporação está relacionada com o ciclo de concentração (CC). Supondo a existência de apenas evaporação de água pura, o ciclo de concentração será calculado pelas seguintes equações:

$$CC = \frac{E + A + D}{A + D} \quad (3)$$

$$CC = \frac{R}{A + D} \quad (4)$$

$$CC = \frac{E}{A + D} + 1 \quad (5)$$

A Equação 5 mostra que quanto maior for a evaporação da água, maior será o ciclo de concentração. Por outro lado, o aumento das descargas resulta em uma diminuição no ciclo, uma vez que as purgas são utilizadas para ajustar o nível de concentração de sais na água de resfriamento dentro da necessidade operacional (limites aceitáveis).

A partir da quantidade evaporada e do ciclo de concentração do sistema pode-se obter a quantidade de água de reposição, através da Equação 6:

$$R = E\frac{CC}{CC-1} \tag{6}$$

3.5 Síntese de Redes de Tratamento de Efluentes

Diferentes abordagens podem ser utilizadas para a realização da síntese de um sistema de tratamento de efluentes aquosos. As mais comuns são a programação matemática e o uso regras heurísticas que, mesmo não possuindo dedução matemática a partir de princípios físicos, possuem comprovação/validação pelo seu uso.

O método heurístico consiste em aplicar, em cada sistema, a regra heurística que se mostra mais apropriada para tal sistema, resultando em apenas um fluxograma. A solução obtida não é necessariamente a ótima, mas pode se aproximar bastante da ótima a depender da qualidade das regras utilizadas. Este método tem como grande vantagem a sua rapidez, não requerendo qualquer avaliação intermediária, apenas a da solução final. A desvantagem é que não produz, necessariamente, a solução ótima. Contudo, a solução obtida é um bom ponto de partida para a busca de uma melhor solução.

O presente trabalho visa o uso de regras heurísticas, usando como parâmetros as técnicas existentes para o tratamento de efluentes de refinarias de petróleo e os contaminantes presentes. Para isso, usará como base, as regras heurísticas gerais mais comumente empregadas em processos de separação de acordo com Seider et al.(2003), Perlingeiro (2005) e Delgado (2008), hierarquizando-as e aplicando-as em tratamentos de efluentes aquosos.

No sistema de tratamento de efluentes líquidos de refinarias, o produto que se deseja obter e recuperar é a água. Através dos tratamentos, busca-se adequá-la aos padrões requeridos de acordo com seu destino (seja padrões ambientais, quando destinada ao descarte, seja aos padrões para reúso quando destinada ao reúso interno).

Sendo assim, as seguintes regras heurísticas foram escolhidas:

1. Se houver mais de uma fase presente no efluente, separá-las;

2. Se houver contaminantes que forem corrosivos, perigosos, reativos quimicamente ou instáveis termicamente, removê-los;
3. Remover em ordem os contaminantes presentes em maior quantidade; se houver componentes em quantidades equivalentes, efetuar primeiro a separação mais fácil (neste caso, considerar dificuldade proporcional ao custo)
4. Selecionar técnica de tratamento do contaminante definido anteriormente, dando preferência aos tratamentos que tenham o menor custo. Evitar separações que exijam a adição de outros componentes. No caso de seu uso, removê-lo assim que possível;
5. Verificar a concentração máxima de entrada nos tratamentos e a presença de contaminantes interferentes na técnica de tratamento selecionada. Se necessário realizar pré-tratamento para remoção do interferente.

O procedimento de síntese seguirá:

1ª Regra Heurística: quando houver mais de uma fase presente no efluente, as mesmas deverão ser separadas; efluentes de refinarias normalmente apresentam alto teor de óleos e graxas (O&G) que configuram uma "segunda" fase liquida no efluente.

2ª Regra Heurística: quando necessário, outra separação/remoção que deve ser realizada no início do sistema de tratamento é a de contaminantes que forem ou estiverem em concentração: corrosiva, perigosa, instável termicamente ou reativa quimicamente, pois dependendo da natureza e/ou concentração do composto, o mesmo pode causar danos às instalações ou comprometer a eficiência e segurança do processo do sistema de tratamento.

3ª Regra Heurística: remoção em ordem preferencial envolvendo contaminantes presentes em maior quantidade; em casos de quantidade equivalente, deve-se remover o contaminante cuja separação apresente menor custo operacional.

4ª Regra Heurística: uma vez determinado qual contaminante será removido em uma dada etapa, deve-se selecionar a técnica que será empregada para a remoção do mesmo. Seleciona-se a técnica de tratamento analisando qual dos tratamentos disponíveis apresenta o menor custo operacional; deve-se evitar os tratamentos que requeiram a adição de solventes, como por exemplo, para remoção de hidrocarbonetos, pois posteriormente será necessário a remoção de mais um contaminante presente no efluente.

5ª Regra Heurística: deve-se verificar se algum contaminante presente na corrente que será submetida a um determinado tratamento é ou está presente em concentração interferente ao tratamento proposto. Caso haja interferente, este deve ser removido em um pré-tratamento.

4 I RESULTADOS

4.1 Software para a Simulação e Síntese de Sistemas de Tratamento de Efluentes

O software a ser apresentado nesta seção foi desenvolvido para a simulação e síntese de redes de tratamento de efluentes, incluído a torre de resfriamento. O desenvolvimento foi completamente elaborado em linguagem VBA dentro da ferramenta Microsoft Excel™.

O acesso ao programa é feito por uma nova aba criada no Microsoft Excel™ chamada “Simulação”. Esta é composta por uma série de botões com diferentes funcionalidades. A figura a seguir mostra esta barra em maior destaque.



Figura 3 - Barra de Ferramentas do Simulador.

São sete as principais funcionalidades presentes no software:

1. **Equipamentos**: para a inclusão dos equipamentos;
2. **Correntes**: para a inclusão de correntes no processo;
3. **Tipo de Cálculo**: para a escolha do tipo e cálculo;
4. **Simular**: para iniciar a realização dos cálculos;
5. **Resultados**: para a visualização dos resultados dos cálculos;
6. **Edição**: para o ajuste dos objetos presentes na janela de simulação/síntese;
7. **Banco de dados**: para a escolha do banco de dados de simulação, refinaria ou limpeza de do banco.

4.2 Equipamentos: Lista de Equipamentos

O usuário que deseja realizar uma simulação deve acessar esta opção para a escolha dos equipamentos que farão parte do fluxograma a ser elaborado.

É importante lembrar que a inclusão de equipamentos apenas faz sentido se o tipo de cálculo escolhido for “Simulação”. Caso seja síntese a elaboração do fluxograma na janela é automática. A seguir será exibida a janela para a escolha do tipo de cálculo.

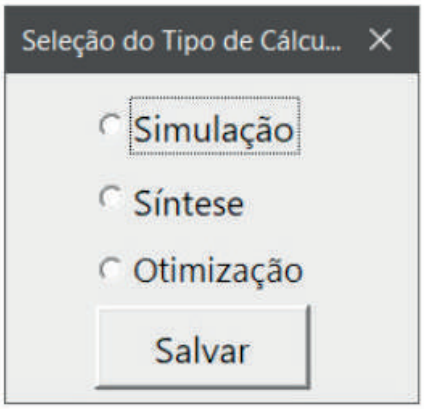


Figura 4 - Escolha do Tipo de Cálculo.

Antes da realização de qualquer cálculo, o usuário deve escolher o tipo de cálculo a ser realizado. A opção de otimização não está habilitada para o escopo deste projeto.

4.3 Banco de Dados

As simulações realizadas são cadastradas num banco de dados que é exibido numa lista da barra de ferramentas. É possível também escolher o banco de dados correspondente às eficiências de cada equipamento para cada refinaria de uma empresa de petróleo.

4.4 Exemplo 1

Neste estudo de caso, é adotada como base a caracterização clássica de efluentes de refinarias (POMBO; MAGRINI; SZKLO, 2013). A Tabela 1 apresenta os valores consolidados das concentrações dos contaminantes antes dos tratamentos do efluente, ou seja, na entrada da Estação de Tratamento de Despejos Industriais (ETDI) e os valores estabelecidos pelas regulamentações para lançamento de tal efluente, como concentrações especificadas para reúso.

Parâmetros	Entrada EDTI	Padrão de Lançamento
pH	6,2 - 10,6	6 - 9
DBO (mg/L)	280	28
DQO(mg/L)	3340	13,86
Sulfetos (mg/L S)	38	1
Dureza como $CaCO_3$ (mg/L)	510	NF
Óleo (mg/L)	200	20 mg/L
Fósforo (mg/L P)	97	10mg/L P
N amoniacal (mg/L N)	98,82	10 mg/L N
Cloretos (mg/L) Cl	1080	5mg/L
Sulfatos (mg/L SO_4)	182	NF

NF: Valor não fixado

Tabela 1 - Caracterização do efluente do estudo de caso na entrada da EDTI e os respectivos padrões de lançamento (POMBO; MAGRINI; SZKLO, 2013).

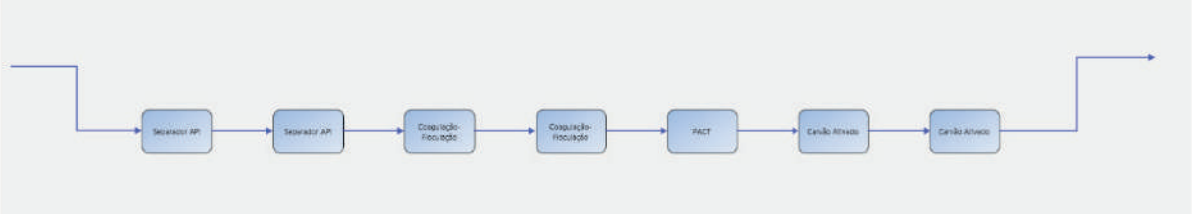


Figura 5 - Fluxograma gerado pelo software. Modo de síntese.

Em termos de custo e energia tem-se os seguintes resultados:

Equipamentos	Energia (kW.h/a)	Custos ($/a)	Custos ($/m³)
API	96.985,00	0,02	89.250,00
API	96.985,00	0,02	89.250,00
Coagulação-Floculação	0,00	0,26	1.561,88
Coagulação-Floculação	0,00	0,26	1.561,88
Pact	3.350,45	0,11	654,50
Carvão Ativado	6.126,72	0,10	595,00
Carvão Ativado	6.126,72	0,10	595,00
Total	**209.573,88**	**0,87**	**183.468,25**

Figura 6 - Resultados de custo e energia fornecidos pelo software.

Para atender ao padrão exibido na Tabela 1 o software gerou uma sequência de 2 APIs, seguido de 2 processos de coagulação-floculação, 1 PACT e 2 processos de carvão ativado. No relatório dos resultados é apresentado o balanço de massa das correntes presentes na simulação.

É importante destacar que não se dispor de todos os valores para os custos e energia. Por este motivo é possível verificar o valor dos custou e/ou energia com o valor igual a zero para o equipamento Coagulação-Floculação.

4.5 Exemplo 2

Este exemplo mostra como um cálculo pode ser realizado para a torre de resfriamento no software desenvolvido. O efluente da torre é calculado com base com base no CC obtido.

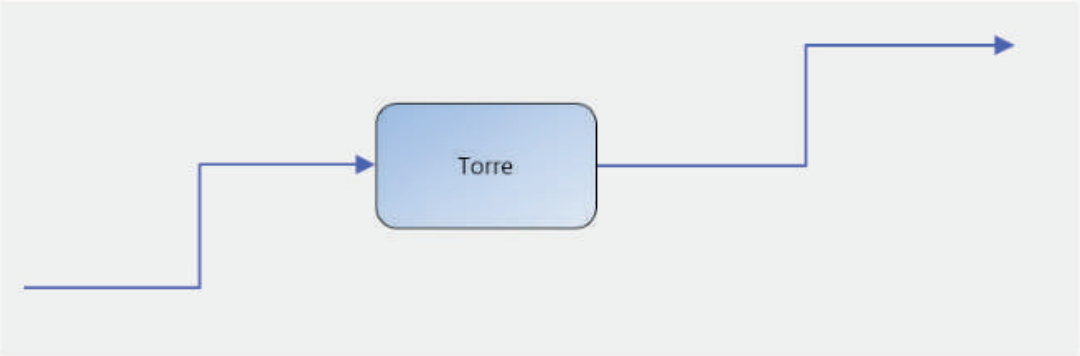


Figura 7 - Fluxograma desenhado no software. Modo de simulação.

As informações necessárias para o cálculo dos principais parâmetros da torre são acessadas ao clicar no equipamento. A seguinte janela será aberta para a entrada da umidade relativa (%), temperatura de resfriamento (°C) e a temperatura do ar (°C).

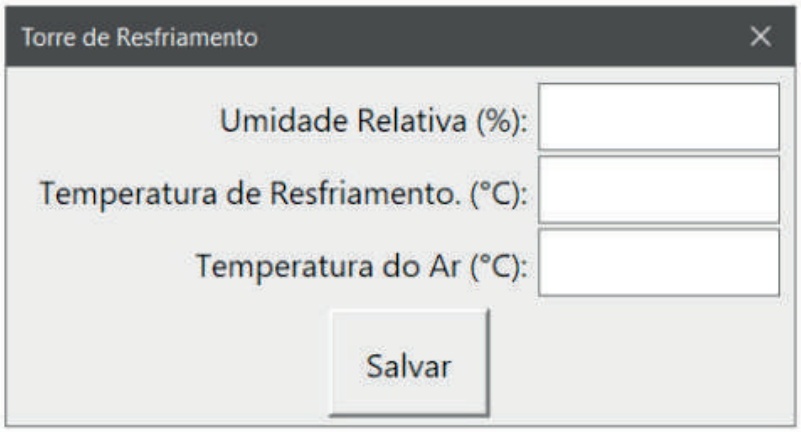


Figura 12 - Dados de entrada da torre.

Após isto, ao clicar no botão rodar e acessar os resultados uma tabela será exibida com os valores de arraste (m^3/h), purga (m^3/h), água de reposição (m^3/h) e ciclo de concentração.

5 I CONCLUSÕES

O objetivo principal deste projeto foi atingido, uma vez que se dispõe de uma ferramenta capaz de realizar tanto a simulação quanto a geração automática (síntese) de redes/fluxogramas de estações de tratamento de efluentes incluindo as torres de resfriamento. É importante destacar que a heurística inclusa neste pacote computacional atende aos requisitos da sequência lógica para os diferentes tipos de tratamento (primário, secundário e terciário), nesta ordem.

Diversos estudos ainda podem ser realizados no âmbito desta ferramenta, assim como diversas melhorias podem ser implementadas com os recursos e tempo necessários. A otimização do sistema de tratamento de efluentes, da torre de resfriamento e da distribuição de água são alguns exemplos.

REFERÊNCIAS

DELGADO, B. E. P. DA C. **Síntese de Sistemas de Regeneração e Tratamento Final de Efluentes**. 451 f.—Rio de Janeiro, Brasil: Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

MARIANO, J. B. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo**. 216 f.—Rio de Janeiro, Brazil: Dissertação (Programa de Pós-Graduação de Engenharia - COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

POMBO, F. R.; MAGRINI, A.; SZKLO, A. An analysis of water management in Brazilian petroleum refineries using rationalization techniques. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 172–179, abr. 2013.

QUAGLIA, A. et al. Design of a generic and flexible data structure for efficient formulation of large scale network problems. In: **Computer Aided Chemical Engineering**. [s.l.] Elsevier, 2013. v. 32p. 661–666.

SEIDER, W. D.; SEADER, J. D.; LEWIN, D. R. **Product and Process Design Principles: Synthesis, Analysis and Evaluation.** 2a. ed. [s.l.] Wiley International, 2003.

TROVATI, J. **Tratamento de água de resfriamentoCurso On-Line**. Araraquara-SP: [s.n.].

VANELLI, C. A. **Conservação De Água Em Refinaria De Petróleo: O Caso Da Revap**. 151 f.—Itajubá, Brazil: Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia), Universidade Federal do Rio de Itajubá, 2004.

CAPÍTULO 20

PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA LAGOA DA GAROPABA DO SUL/SC COM VISTAS A EFETIVA EXECUÇÃO DOS INVESTIMENTOS DO CONTRATO DE CONCESSÃO EM SANEAMENTO

Data de aceite: 09/01/2020

Ricardo Martins
Engenheiro Sanitarista – Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis/SC.

Anderson Sandrini Botega
Administrador de Empresas pelo Centro Universitário Internacional UNINTER. Tubarão/SC.

Eduardo Silvano Batista
Administrador de Empresas pelo Centro Universitário Internacional UNINTER. Jaguaruna/SC.

Gislaine Lonardi
Engenheira Química pela Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL). Tubarão/SC.

Katia Viviane Motta Martins
Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). MBA em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental pelo IPOG – Instituto de Pós-Graduação. Graduanda em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Estácio de Sá. Florianópolis/SC.

RESUMO: Após a publicação da Lei Federal 11.445/2007, o número de concessões no setor de saneamento vem crescendo no Brasil. Ainda um número elevado de contratos assinados, e uma regulação efetiva e compatível com as diretrizes nacionais para a universalização do saneamento à população. Contudo, os impactos decorrentes da implantação destes empreendimentos, quando não estudados adequadamente, podem desencadear discussões longas, acarretando em perdas monetárias aos prestadores. Por outro lado, encontram-se os usuários, que acabam por esperar demasiadamente pelas obras dos sistemas de esgotamento sanitário, pagando tarifas excessivas, visto o possível atraso destas obras e da futura operação do sistema de esgotamento sanitário, que acabam impondo um ritmo lento e limitando o alcance dos investimentos previstos, quando comparamos a reestruturação ocorrida em outros setores (eletricidade e telefonia). Tais situações, muitas vezes, refletem um ordenamento jurídico complexo, confuso e de elevado risco negocial, social e ambiental. Partindo da questão de qual é a lógica de atuação da concessionária na implantação de investimentos previstos no contrato de concessão e quais decisões de cunho técnico, social, ambiental e legal, devem ser seguidos, o monitoramento do corpo receptor e a escolha do local mais adequado para implantação das unidades de tratamento de esgotos, devem obrigatoriamente ser discutidas com os “stakeholders”. Com essa premissa a Concessionária Jaguaruna Saneamento, empresa do Grupo Atlantis, desenvolveu um programa de monitoramento da Lagoa da

Garopaba do Sul/SC, divulgando esses estudos, abrindo canal de discussão com a comunidade e órgãos públicos de controle e fiscalização envolvidos.
PALAVRAS-CHAVE: Contrato de Concessão, Saneamento, Programa de Monitoramento, Recursos Hídricos, Controle Social, Investimentos.

GAROPABA DO SUL LAGOON/SC MONITORING PROGRAM WITH A VIEW ON EFFECTIVE IMPLEMENTATION OF INVESTMENTS IN THE SANITATION CONTRACT AGREEMENT

ABSTRACT: After the publication of Federal Law 11,445 / 2007, the number of concessions in the sanitation sector has been growing in Brazil. Still a high number of signed contracts, and an effective regulation compatible with the national guidelines for the universalization of sanitation to the population. However, the impacts resulting from the implementation of these ventures, when not properly studied, can trigger long discussions, leading to monetary losses to providers. On the other hand, there are users, who end up waiting too long for the sewage system works, paying excessive fees, given the possible delay of these works and the future operation of the sewage system, which end up imposing a slow and slow pace. limiting the scope of planned investments when we compare the restructuring that occurred in other sectors (electricity and telephony). Such situations often reflect a complex, confusing and high-risk business, social and environmental legal system. From the question of what is the logic of the concessionaire's performance in the implementation of investments provided for in the concession agreement and which technical, social, environmental and legal decisions should be followed, the monitoring of the receiving body and the choice of the most appropriate location. For the implementation of sewage treatment units, they must be discussed with the stakeholders. With this premise, the Jaguaruna Saneamento Concessionaire, a company of the Atlantis Group, developed a monitoring program for Garopaba do Sul Lagoon/SC, disseminating these studies, opening a channel for discussion with the community and public control and inspection agencies involved.
KEYWORDS: Concession Agreement, Sanitation, Monitoring Program, Water Resources, Social Control, Investments.

INTRODUÇÃO

Um dos papéis de uma concessionária em saneamento, tanto no processo da tomada de decisão quanto na escolha da técnica e local de construção de um sistema de tratamento de esgotos, é escutar a comunidade envolvida. Cabe a concessionária realizar investimentos que permitam ganhos em termos de saúde da população e melhoria das condições ambientais, de acordo com o previsto no contrato de concessão e seus anexos: Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB e Estudo de Viabilidade Econômico Financeiro – EVEF, os quais devem ser compatíveis entre si.

No que concerne a transparência, umas das ações a serem tomadas pela concessionária, é a abertura de um canal de discussão com a comunidade local e órgãos públicos, quanto a escolha dos locais de implantação das Estações de Tratamento de Esgoto – ETE e dos locais de lançamento. Para tanto, há necessidade da busca de informações técnicas confiáveis, diminuindo ou eliminando os riscos envolvidos nos processos de projeto, aprovação, implantação e operação do futuro sistema de esgotamento sanitário - SES.

Desta forma, o programa de monitoramento da Lagoa de Garopaba do Sul é um processo iniciado, que visa a coleta de dados, estudos e acompanhamento contínuo e sistemático de variáveis, para avaliação e identificação qualitativa e quantitativa das condições do corpo lagunar em determinados momentos, bem como as tendências ao longo do tempo.

O programa também servirá como forma de identificar os possíveis locais de implantação das unidades de tratamento de esgotos a serem projetadas. Assim, o monitoramento implantado visa a diminuir conflitos futuros, visto ter como uma das ações a interação com diversos “stakeholders” do setor de saneamento ou correlatos.

OBJETIVO

O Programa de Monitoramento visa atender aos seguintes objetivos básicos:

- Dar subsídio e informações relevantes a um diagnóstico da situação atual, quanto a qualidade das águas da Lagoa da Garopaba do Sul;
- Dar subsídio para escolha do tipo adequado de tratamento e das suas alternativas locacionais, a fim de diminuir os impactos socioambientais e econômicos no contrato de concessão;
- Verificar a qualidade atual das águas do corpo lagunar;
- Elaborar um rol de sugestões, propondo medidas eficazes de controle socioambiental;
- Estabelecer um canal de comunicação seguro, transparente e eficaz com a comunidade local, escutando os anseios desta população;
- Montar um banco de dados para suporte à futuras discussões com o Poder Concedente de Jaguaruna e o órgão regulador, quanto a eficiência e eficácia dos investimentos implantados;

MATERIAIS E MÉTODOS

Para a implementação do Programa de Monitoramento da Lagoa da Garopaba do Sul foram realizados, até o momento:

- Busca de informações relativas aos usos da água e dos solos da região;
- Identificação das áreas consideradas críticas sob o ponto de vista da qualidade dos recursos hídricos;
- Reconhecimento da Área;
- Entrevistas com moradores da região, buscando-se informações relevantes para a identificação de problemas pontuais.
- Seleção dos locais de amostragem, considerando as áreas críticas, os prováveis locais de implantação das estruturas necessárias às obras futuras, e a operação do SES;
- Seleção dos parâmetros a serem monitorados e estudados, considerando-se as atividades decorrentes da implantação e operação do SES, bem como parâmetros para uma avaliação da situação ambiental da lagoa, visto a preocupação ambiental existente na região;
- Frequência de amostragem e duração do programa, sendo definidos três (03) etapas:
    - Etapa 01: Anterior as obras de implantação do SES e da ETE, de forma sazonal, a fim de monitorar períodos críticos, como o verão (de forma mensal), sendo realizadas campanhas em dezembro, janeiro, fevereiro e março, e o restante do ano com monitoramento trimestral, sendo escolhidos os meses de junho a setembro. Desta forma totalizam 06 campanhas no ano, visando determinar as condições prévias existentes na Lagoa da Garopaba do Sul ("background").
    - Etapa 02: Durante a realização das obras (estimadas em 7 anos), com a mesma frequência da fase anterior;
    - Fase 03: Após a implantação e operação do SES, sendo de acordo com a frequência determinada na LAO do empreendimento.
- Seleção de laboratório e equipe técnica.

Na tabela 1, abaixo, listam-se todas as entidades ligadas direta e indiretamente aos recursos hídricos e ao saneamento básico, considerando o aspecto específico e central, a Lagoa da Garopaba do Sul, com uma breve descrição das suas competências.

Designação	Âmbito	Descrição/Competências
MPSC	Promotoria de Justiça de Jaguaruna	Ampara os direitos que dizem respeito a todos, como a proteção ao meio ambiente, a vida e a saúde. O Ministério Público defende o interesse público, não o privado.
ARIS	Intermunicipal	Saneamento básico – regulação e fiscalização do Contrato de Concessão.
SDS	Estadual	Domínio e gestão dos recursos hídricos.

IMA	Estadual	Gestão e fiscalização ambiental
Vigilância Sanitária	Estadual / Municipal	Órgão da Secretaria de Estado da Saúde, que coordena as ações de vigilância sanitária. Possui a missão de promover e proteger a saúde da população.
IMAJ	Municipal	Instituto do Meio Ambiente de Jaguaruna - IMAJ, Autarquia Municipal dotada de personalidade jurídica de direito público.
Jaguaruna Saneamento	Concessionária Privada	Responsável pelo tratamento e distribuição de água potável, assim como da coleta e tratamento dos esgotos domésticos dos Balneários Garopaba do Sul e Camacho.
Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar	Todos os municípios da Bacia	Tem por finalidade a união de forças representativas da região para a proteção e o resgate da biologia de rios e lagoas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a recuperação dos recursos hídricos. Órgão consultivo e deliberativo de nível regional. O seu âmbito de atuação é a Região Hidrográfica RH9 do Estado de Santa Catarina.
ACIRJ	Sociedade	Entidade civil, de direito privado. Fomenta o empreendedorismo e o associativismo, para o desenvolvimento da economia local.
ICMBio	Federal / Imbituba	Responsável pela Área de Proteção Ambiental da Baleia Franca, que é uma unidade de conservação federal que abrange o município de Jaguaruna.
Policia Militar Ambiental	Estadual / Tubarão / Laguna	Fiscalização da flora, fauna, mineração, poluição e agrotóxicos, atuando em todo o território catarinense.
Associação e Moradores	Local	Associação de Moradores e de pescadores.

Tabela 1 - Descrição das entidades ligadas (direta ou indiretamente) ao programa

Considerando as competências e as funções de cada “stakeholder”, acima listado, estabeleceu-se uma organização por níveis de atuação.

Coordenação	Jaguaruna Saneamento	
Nível I	Entidades diretamente ligadas ao uso dos recursos hídricos local.	Associação de Moradores / AGIRJ
Nível II	Entidades, direta ou indiretamente, ligadas ao licenciamento e à fiscalização do recurso hídrico, das atividades econômicas e do saneamento básico, mas que assumem um papel preponderante na identificação de situações irregulares. Por outro lado, são entidades que podem assumir papel nas ações de vigilância da qualidade de água junto ao curso de água.	IMAJ/VIGILÂNCIA SANITÁRIA / IMA / ICMBio.
Nível III	Entidades, que em momentos chaves poderão interagir sobre o tema.	MPSC / SDS / ARIS/ Policia Ambiental / COMITÊ da BH.

Tabela 2– Entidades e níveis de atuação

Neste procedimento, a coordenação organiza e trata as informações recebidas durante cada uma das 3 Fases definidas para o programa, monta e divulga os relatórios técnicos produzidos. Mediante determinadas situações, pode direcionar o assunto para as respetivas entidades competentes (“stakeholder”), conforme os níveis de atuação identificados.



Figura 1 – Coordenação e níveis de atuação

ATIVIDADES EM DESENVOLVIMENTO

Para a etapa 01, foi implantada uma rede amostral que conta com 14 (quatorze) pontos de coletas ao longo do corpo hídrico e em locais estratégicos, onde eram previstos a análise de 14 parâmetros, contudo, no decorrer dos trabalhos, resolveu-se ampliar esse número para 16 parâmetros.

Os trabalhos iniciaram em fevereiro de 2018 e tem um período previsto de 4 anos, totalizando 5376 parâmetros a serem analisados.

Ressalta-se que o programa limita a sua abrangência espacial a trechos da Lagoa da Garopaba do Sul e Canal da Barra do Camacho, todos limítrofes ao perímetro da Concessão da Jaguaruna Saneamento.

PONTO AMOSTRAL	LATITUDE	LONGITUDE
JS 01	28°35'36.01"S	48°56'47.03"O
JS 02	28°36'57.35"S	48°55'10.88"O
JS 03	28°37'04.88"S	48°54'58.36"O
JS 04	28°37'15.50"S	48°54'36.95"O
JS 05	28°36'59.36"S	48°53'32.40"O
JS 06	28°36'50.76"S	48°53'20.13"O
JS 07	28°36'20.40"S	48°53'31.41"O
JS 08	28°36'25.36"S	48°52'26.20"O
JS 09	28°36'25.03"S	48°51'46.60"O
JS 10	28°36'34.00"S	48°51'38.62"O
JS 11	28°35'55.80"S	48°51'05.82"O
JS 12	28°34'57.59"S	48°51'18.19"O
JS 13	28°37'19.85"S	48°54'00.71"O
JS 14	28°35'34.69"S	48°53'31.00"O

Tabela 3 – Localização dos pontos amostrais



Figura 2 – Localização dos pontos de amostragem.

CAMPANHAS E PARÂMETROS ANALISADOS

Até o momento foram realizadas 03 campanhas, sendo que os primeiros resultados possibilitaram verificar que a Lagoa da Garopaba do Sul já se encontra com alguns parâmetros fora dos limites normativos. Os parâmetros que mais se destacam são: DBO, óleos e graxas, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido, evidenciando a presença e o descarte de esgotos de características domésticas na lagoa. A seguir pode-se observar as imagens de alguns dos trabalhos desenvolvidos junto a Lagoa da Garopaba do Sul/SC.





Figuras 3 a 7 – Coleta realizadas entre fevereiro de 2018 e fevereiro de 2019.

Na tabela 4, apresenta-se os resultados das análises nas 03 primeiras campanhas, para o ponto amostrado JS01. Os valores em vermelho, são os valores que não atenderam os limites (VMP) exigidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005, conforme sua classe de enquadramento. Para os pontos amostrais "JS01 e JS02", o enquadramento adotado é: "água doce – classe 2". Para o restante dos pontos amostrais "JS03 a JS14", o enquadramento adotado para é: "água salobra – classe 1".

Parâmetro	**Unidade**	**Resultados**			**VMP (Conama nº 357)**
		fev/18	mar/18	abr/18	
Amônia	mg/l	0,10	<0,50	<0,50	1,0 mg/L
Cloretos	mg/l	794,08	4431,25	3190,50	250 mg/L
Coliformes Termotolerantes	UFC/100mL	**2,0x10³**	**1,8x10³**	**1,6x10³**	1000
Coliformes Totais	UFC/100mL	**2,0x10³**	**2,0x10⁴**	**3,0x10⁴**	-
Condutividade Específica a 25°	µS/cm	2130,00	12500,00	1807,00	-
Cor	Pt/Co	65,00	53,00	**108,00**	<75 mg Pt/L
DBO5	mg/L	**33,56**	**20,95**	**25,84**	5 mg/L
DQO	mg/l	59,66	252,83	120,37	-
Fosfatos	mg/L	**0,20**	**0,20**	**<0,20**	0,03 mg/L
Nitrogênio Nitrato	mg/l	<0,25	<0,25	<0,25	10,0 mg/L
Óleos e Graxas	mg/L	**<10,00**	**<10,00**	**<10,00**	Ausentes
Oxigênio Dissolvido	mg/L	**3,20**	**4,00**	**2,70**	>5 mg/L
pH	pH a 25°C	8,03	7,21	6,71	6,0 a 9,0
Sólidos Totais	mg/L	1762,00	2883,00	1233,00	500 mg/L
Temperatura da Amostra	°C	28,00	28,40	22,80	-
Turbidez	NTU	20,70	21,30	14,00	100 UNT

Tabela 4 - Resultados das análises do ponto JS01 nas 3 primeiras campanhas.

Observando os resultados, foi possível conhecer a qualidade atual da Lagoa Garopaba Sul, bem como avaliar as cargas poluidoras que ela vem recebendo, decorrentes das atividades antrópicas no seu entorno e/ou ao longo dos cursos d´água que afluem à lagoa.

Na sequência são apresentados alguns gráficos que expõem o cenário atual da lagoa junto ao ponto JS01.

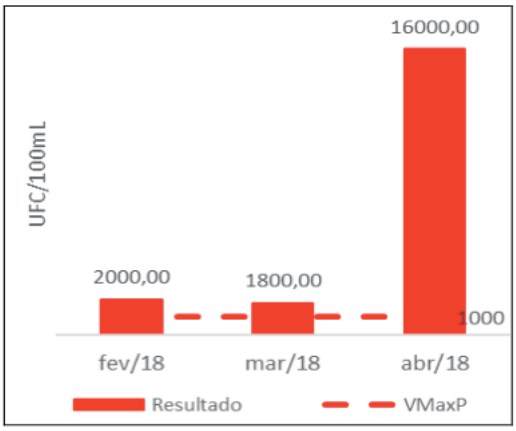


Figura 08 – Coliformes termotolerantes

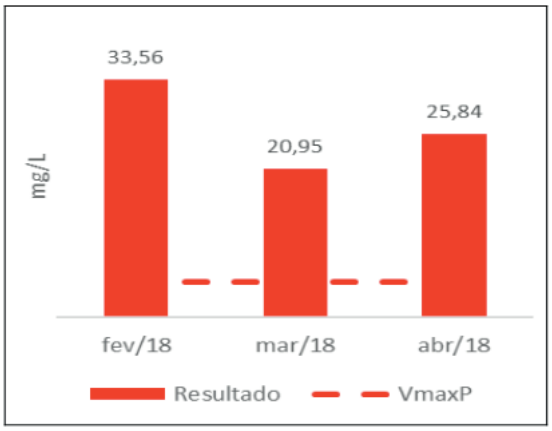


Figura 09 – DBO5

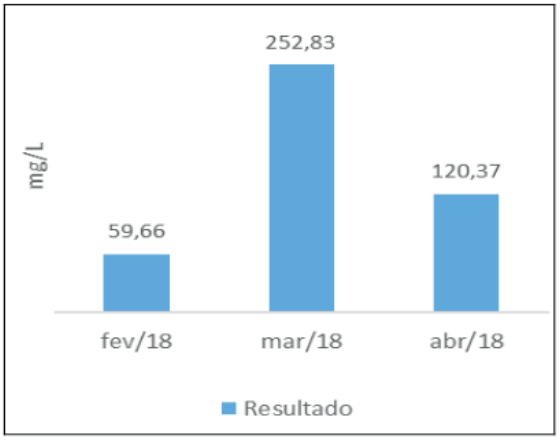


Figura 10 – DQO

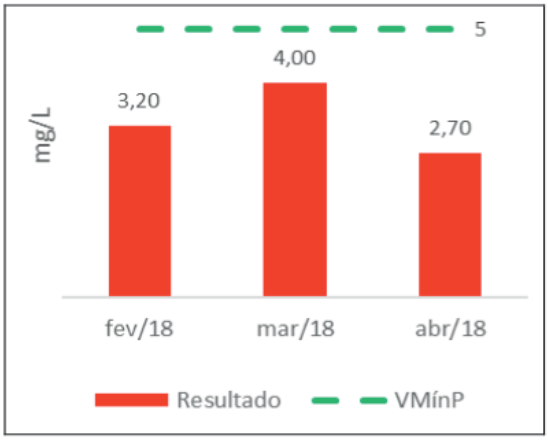


Figura 11 – OD

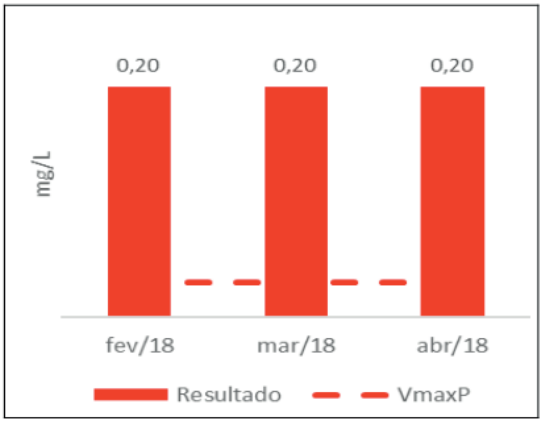


Figura 12 – Fosfato

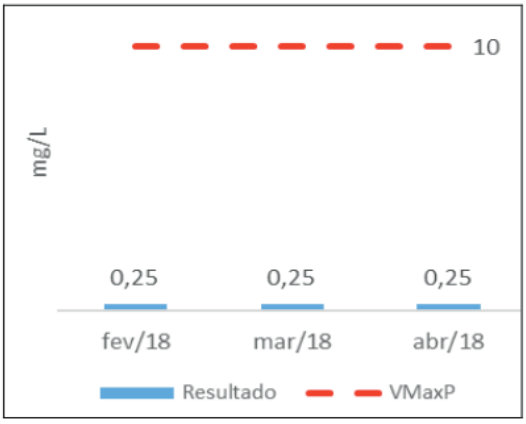


Figura 13 – Nitrato

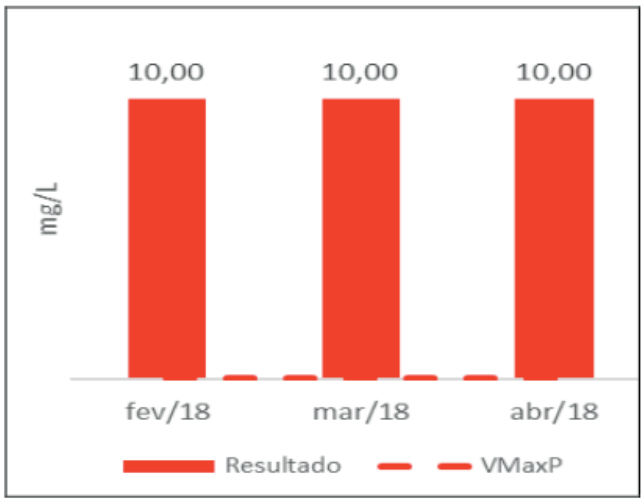


Figura 14 – Óleos e Graxas

Na tabela 5 é apresentado quais, dos 14 pontos amostrais, tiveram parâmetros fora do determinado pelas normativas, nas 3 primeiras campanhas.

Observa-se que, em todos os pontos amostrais, pelo menos 1 parâmetro ultrapassou os limites toleráveis, nas 3 primeiras campanhas.

Parâmetros	JS 01	JS 02	JS 03	JS 04	JS 05	JS 06	JS 07	JS 08	JS 09	JS 10	JS 11	JS 12	JS 13	JS 14
Amônia														
Cloretos														
Coliformes														
Coliformes Totais														
Condutividade														
Cor Aparente														
DBO_5														
DQO														
Fosfatos														
Nitrogênio Nitrato														
Óleos e Graxas														
Oxigênio														
pH														
Sólidos Totais														
Temperatura da Amostra														
Turbidez														

	Atendeu o limite
	Não atendeu o limite
	Sem limite definido

Tabela 5 - Ocorrência fora dos limites definidos pelas normativas em vigor.

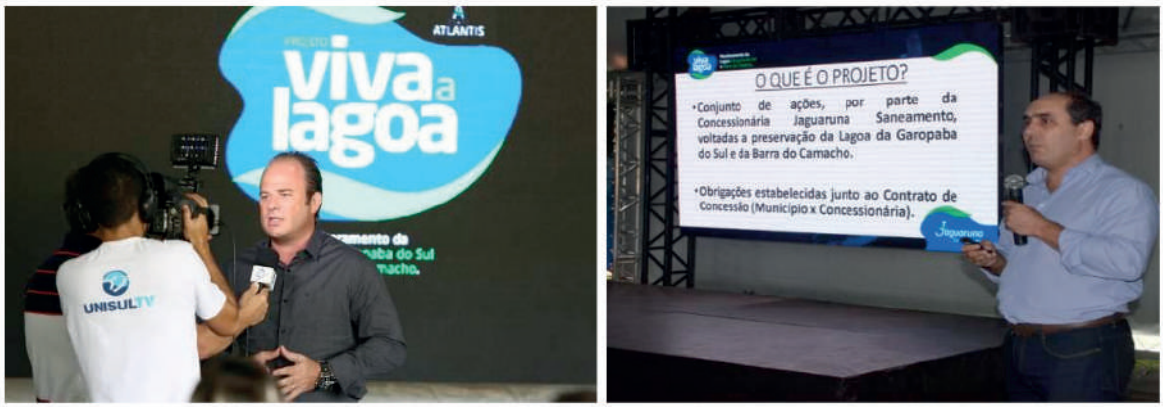
DIVULGAÇÃO DOS ESTUDOS À COMUNIDADE

O programa de comunicação social desenvolvido, possibilita que a comunidade participe das tomadas de decisões sobre o empreendimento futuro, por meio de

reuniões de apresentação dos trabalhos. Ao longo do período de execução, já foram realizados 3 encontros.

Todos os resultados e demais trabalhos realizados podem ser acessados pela comunidade na internet, junto a página https://vivaalagoa.com.br/, desenvolvida pela concessionária Jaguaruna Saneamento. Ainda foram elaborados vídeos institucionais para facilitar o entendimento, quanto a necessidade da implantação do sistema de esgotamento sanitário.

Por meio destas ferramentas pode-se colher informações e opiniões da comunidade e verificar o seu anseio pela implantação das obras.



Figuras 15 e 16 – Reuniões e palestras com à comunidade



Figura 17 – Vídeo institucional

INVESTIMENTO PREVISTOS

O Município de Jaguaruna, através do Contrato de Concessão 13/2016, concedeu os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, nos Balneários Camacho e Garopaba do Sul, à Concessionária Jaguaruna Saneamento em 23 de fevereiro de 2016. O PMSB de Jaguaruna, foi aprovado pelo Decreto nº 261 de 30 de setembro de 2015 e prevê a implantação de Sistemas de Esgotamento

Sanitário para estes balneários.

Por força da Lei Federal 11.445/2007, o Contrato de Concessão 13/2016, possui metas progressivas e graduais de expansão dos serviços, de qualidade, de eficiência e de uso racional da água, da energia e de outros recursos naturais, em conformidade com os serviços a serem prestados.

No tocante aos SES, observa-se junto ao contrato, que a concessionária Jaguaruna Saneamento deverá iniciar a implantação das obras a partir do ano 5 contratual, visto existirem metas de atendimento definidas. A conclusão e universalização se dará no ano 12 do contrato de concessão;

Assim, o programa de monitoramento da Lagoa da Garopaba do Sul, tem-se mostrado eficaz, neste primeiro momento, visto as discussões, coletas de informações e análises dos dados, poderem indicar alternativas locacionais para implantação da unidade de tratamento futura. O Projeto do SES proposto, leva em consideração, além das questões técnicas, sociais e ambientais envolvidas, as metas estabelecidas no PMSB e Contrato de Concessão e as normas regulatórias existentes à época da assinatura do contrato.

O estudo técnico de alternativa locacional, com um pré-dimensionamento das estruturas de tratamento, foi desenvolvido e entregue ao município, rigorosamente no prazo previsto no contrato de concessão.





Figuras 18 e 19 – Entrega dos estudos do SES ao Poder Concedente de Jaguaruna

A seguir, pode-se visualizar três alternativas para instalação da ETE.



Figura 20 – Alternativas locacionais para a ETE

CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Em síntese, as comunidades envolvidas demonstraram um alto grau de compreensão dos problemas e das dificuldades a serem superadas para implantação das obras do SES. Também houve a cobrança, por parte destes, para que as metas definidas no contrato de concessão sejam alcançadas no tempo previsto. Ainda relataram o entendimento da importância do programa de monitoramento da lagoa e sua interação com a necessidade da população local. Os participantes enfatizaram pela possibilidade de se manter as discussões ao longo da elaboração e conclusão dos projetos do SES e da escolha do local para a ETE.

A interação das comunidades com o programa de monitoramento e a sua compreensão, demonstra a importância da transparência que o prestador de saneamento deve ter para com os usuários que pagam suas tarifas.

A população beneficiada ao longo do contrato de concessão é de 11 mil habitantes, sendo que nos meses de verão ultrapassa os 30 mil habitantes em determinados momentos. Os investimentos previstos, a valores atualizados, são da ordem de 40 milhões de reais, com uma tarifa atual para categoria residencial em água de R$ 3,91/m^3 em esgoto de R$ 4,30/m^3.

As variáveis encontradas, para execução de um contrato de concessão são muitas, mas estudos técnicos, a transparência e o diálogo com a comunidade e o poder público, apresentam-se como alternativas para diminuir a distância até a universalização do saneamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209: **Dispõe sobre projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.649: **Dispõe sobre projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

BRASIL. Lei n.11.445 de 05 de Janeiro de 2007. **Dispõe sobre a política nacional de saneamento básico.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357 de 18 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 397 de 03 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.**

COMITÊ DA BACIA DO RIO TUBARÃO. **Diagnóstico dos Recursos Hídricos e Organização dos Agentes da Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e Complexo Lagunar, datado de 1998 e referência do Comitê de Bacia do Rio Tubarão.**

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e Recursos Hídricos.** São Carlos: EESC USP, 1998.

SANTA CATARINA. **Lei n. 10.949 de 09 de Novembro de 1998. Dispõe sobre a caracterização do Estado em 10 (dez) Regiões Hidrográficas.**

SANTA CATARINA. **Lei n. 13.517 de 04 de outubro de 2005. Dispõe sobre a política estadual de saneamento básico.**

SANTA CATARINA. **Lei n. 14.250 de 05 de junho de 1981. Dispõe sobre a proteção e a melhoria da qualidade ambiental.**

SDS - Secretaria de Desenvolvimento Sustentável de Santa Catarina. (2006). **Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina.**

CAPÍTULO 21

PROJETO DE AÇÃO SOCIAL ALIADO A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E SEUS EFEITOS NA COMUNIDADE

Data de aceite: 09/01/2020

Manuella Andrade Swierczynski
Engenheira de Produção pela Faculdade de Ciência e Tecnologia Área 1. Especialista em Gestão Ambiental em Municípios pela UTFPR, Mestra em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental pela UFBA.
E-mail: mas.andrade.81@gmail.com

RESUMO: Em virtude do desequilíbrio ocasionado pelas ações humanas sobre o meio ambiente de retirar, consumir e descartar, sem a consciência da conservação ambiental, está sem limites de preservação mínima necessária para garantir a sobrevivência da espécie humana. Esta interação entre homens e ambiente é imprescindível para garantir o desenvolvimento sustentável, entretanto uma das barreiras para atingir este objetivo é o conhecimento mínimo necessário da população humana sobre meio ambiente e sustentabilidade. A Educação Ambiental é um dos caminhos mais eficientes para cobrir a lacuna de conhecimento existente sobre a temática de proteção ao meio ambiente. É evidente que processos por meio do qual o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, assim como o uso de bem comum, devem ser utilizados como valiosas ferramentas de trabalho na conservação do meio ambiente. Esta pesquisa teve como temática a aplicação de Educação Ambiental não formal em uma determinada comunidade através da escola municipal, sensibilizando os alunos a buscarem valores que conduzam uma convivência harmoniosa com o ambiente, desenvolvendo um senso crítico sobre as atitudes que tem levado a destruição dos recursos naturais e várias espécies que habitam o planeta.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente. Sustentabilidade. Conservação. Educação Ambiental.

INTRODUÇÃO

Muito se tem discutido sobre o consumo incessante das gerações atuais, sem atentar para a conservação do meio ambiente, valorizando cada vez mais a necessidade de buscar alternativas para substituir as matérias-primas não renováveis, seja pela reutilização ou reciclagem.

Conforme Varine (2000, p. 62), "a natureza é um grande patrimônio da sociedade. Consequentemente, a Educação Ambiental se torna uma prática social, com a preocupação da preservação dessa sua riqueza". O autor

reconhece que o meio ambiente sofre danos em função do crescimento da população, causando decadência na qualidade de vida e incapacidade de sustentação. Agir apenas com denúncias contra agressões à natureza não resolve o mal causado, por isso é necessário um processo com atitudes que promovam a conservação e sustentabilidade do meio.

A poluição atmosférica, a contaminação dos corpos hídricos, a degradação das florestas, além de muitas outras formas de agressão ao meio ambiente, nos dias atuais, são atos comuns. Diante deste cenário, é necessário mudar o comportamento do homem em relação ao meio ambiente, com objetivo de promover um modelo de desenvolvimento sustentável, com reflexos positivos garantindo a sobrevivência com qualidade de vida de todos.

O Desenvolvimento Sustentável busca atender às necessidades da atual geração, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em prover suas próprias demandas. Entretanto, é possível preservar com mais intensidade quando se conhece profundamente do assunto para entender as consequências dos atos praticados e o mal que será feito a si mesmo.

A Educação Ambiental tem assumido nos últimos anos o grande desafio de garantir a construção de uma sociedade sustentável, em que se promovam na relação com o planeta e seus recursos, valores éticos como cooperação, solidariedade, generosidade, tolerância, dignidade e respeito à diversidade (CARVALHO, 2006).

As ações sociais que envolvem atividades de educação ambiental favorecem o aprendizado de forma lúdica e diferente, sobre a importância da conservação do futuro do planeta. O resultado será a capacidade de reinventar formas de consumir, aperfeiçoando o respeito pelo meio ambiente.

Na visão de Chalita (2002, p. 34), a educação constitui-se na mais poderosa de todas as ferramentas de intervenção no mundo para a construção de novos conceitos e consequente mudança de hábitos. É também o instrumento de construção do conhecimento e a forma com que todo o desenvolvimento intelectual conquistado é passado de uma geração a outra, permitindo, assim, a máxima comprovada de cada geração que avança um passo em relação à anterior no campo do conhecimento científico e geral.

A educação ambiental propõe atingir todos os cidadãos através de um processo participativo que procura conscientizar sobre a problemática ambiental, despertando em cada indivíduo o sentimento de pertencimento, participação e responsabilidade.

Considerando-se a necessidade de buscar novas alternativas para promover o conhecimento de preservação ambiental com resultados práticos, a educação ambiental torna-se uma ferramenta estratégica nesta tarefa. O estudo além da pesquisa teórica visa também apresentar um projeto de ação social efetuado em uma escola municipal na cidade de Mata de São João/BA e quais efeitos a educação

ambiental causou na comunidade.

A pesquisa teve como objetivo geral analisar como a Educação Ambiental auxilia no processo de ação social realizado em escolas, com alunos do ensino fundamental em uma comunidade.

Como objetivo específico pretendeu-se: desenvolver estratégias pedagógicas que favoreçam a disseminação do conhecimento sobre a prevenção ambiental, provocar a iniciativa dos alunos quanto ao cuidado com o meio ambiente, transformando-os em multiplicadores permeados na comunidade onde vivem após as ações promovidas durante o período de estudo, utilizando a Educação Ambiental como ferramenta estratégica de trabalho na escola.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Vivenciamos um momento em que a sociedade mundial começa a atentar para os problemas relacionados com o meio ambiente. Aumentaram-se o número de encontros para discutir as questões ligadas à preservação da natureza, ampliou a disseminação de informações quanto à importância desta conservação, entretanto muito trabalho ainda precisa ser feito.

Cada indivíduo é responsável pela construção de um mundo justo e equilibrado ecologicamente, requerendo responsabilidade individual e coletiva, onde será possível criar e aplicar maneiras sustentáveis de interação sociedade – natureza.

A identificação dos problemas e implantação de ações de cuidado com o meio ambiente na vida pessoal, em casa, na escola e na comunidade é de suma importância para o desenvolvimento de sua consciência crítica.

Precisa-se estimular o diálogo sobre o tema como forma de expor a problemática do desperdício e despertar o interesse e participação de cada aluno em prol de um mundo melhor, além de estimular a conscientização desde agora para que as crianças de hoje tornem-se adultos conscientes da necessidade pela conservação do meio ambiente.

A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Sabe-se que a Educação Ambiental deve permear todas as classes sociais, e é preciso acontecer tanto no nível formal quanto informal, porém para isto ocorrer é necessário empenho de políticas públicas para que os projetos sejam executados e monitorados com objetivo de avaliar sua eficácia.

Sendo assim, a escola é uma ótima ferramenta de trabalho que deve ser utilizada como meio para atingir o objetivo de disseminar informações e trabalhar a mudança de cultura da comunidade através de projetos sociais com Educação

Ambiental.

A trajetória da presença da educação ambiental na legislação brasileira apresenta uma tendência em comum, que é a necessidade de universalização dessa prática educativa por toda a sociedade.

Segundo Dias (2004), o Brasil é o único país da América Latina que possui uma política específica para Educação Ambiental. Aqui ela tornou-se Lei em 1999, quando foi aprovada a Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), instituída pela Lei nº 9.597. Essa lei ganhou regulamentação três anos depois, em junho de 2002, por meio do Decreto Nº 4.281.

Entretanto, já aparecia em 1973, com o Decreto nº 73.030, que criou a Secretaria Especial do Meio Ambiente explicitando, entre suas atribuições, a promoção do "esclarecimento e educação do povo brasileiro para o uso adequado dos recursos naturais, tendo em vista a conservação do meio ambiente" (BRASIL, 1973).

A Lei nº 6.938, de 31.8.1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, também evidenciou a capilaridade que se desejava imprimir a essa dimensão pedagógica no Brasil, exprimindo, em seu artigo 2º, inciso X, a necessidade de promover a "educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente" (BRASIL, 1981).

Contudo, a Constituição Federal de 1988 elevou ainda mais o status do direito à educação ambiental, ao mencioná-la como um componente essencial para a qualidade de vida ambiental. Atribui-se ao Estado o dever de "promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente" (BRASIL, 1988, art. 225, §1º, inciso VI), surgindo, assim, o direito constitucional de todos os cidadãos brasileiros terem acesso à educação ambiental.

Também foi instituída a Lei nº 9.795 de 27 de abril de 1999 que versa sobre a educação ambiental, instituindo a Política Nacional de Educação Ambiental além de outras providências, e em seu Art. 1º, tem-se a definição de Educação Ambiental como:

> Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (BRASIL, 1999)

DESENVOLVIMENTO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL DENTRO DA ESCOLA

Através de projetos lúdicos desenvolvidos dentro da escola com objetivo de incentivar a participação de alunos, professores e funcionários visam transformá-los em multiplicadores dentro da comunidade com objetivo de sensibilizar os envolvidos

na mudança de cultura para agirmos diferente com ações de preservação do meio ambiente.

Effting (2007) aborda que a escola dentro da Educação Ambiental deve sensibilizar o aluno a buscar valores que conduzam a uma convivência harmoniosa com o ambiente e as demais espécies que habitam o planeta, auxiliando-o a analisar criticamente os princípios que tem levado à destruição inconsequente dos recursos naturais e de várias espécies. Explica ainda que, tendo a clareza que a natureza não é fonte inesgotável de recursos, suas reservas são finitas e devem ser utilizadas de maneira racional, evitando o desperdício e considerando a reciclagem como processo vital.

Seguindo este ponto de vista, onde a Educação Ambiental é capaz de tornar o indivíduo em um cidadão participante da discussão sobre meio ambiente, Reigota (2009, p. 15) destaca os princípios da educação:

> [...] o questionamento das certezas criadas; a criatividade no desenvolvimento de metodologias e temáticas que levam a descobertas e vivências; a inovação no que tange o relacionar a questão ambiental com a vida cotidiana, com o estímulo sobre a prática da ciência, e; crítica, no que diz respeito a discursos e práticas que desconsideram o discernimento e a possibilidade de intervenção de pessoas e grupos. (REIGOTA, 2009, p. 15)

Para o desenvolvimento da educação ambiental, faz-se necessário agir nos processos de educação trazendo a importância da vinculação escola, família, comunidade, a fim de que haja sensibilização e, de forma mais abrangente, o despertar para a percepção afetiva do ambiente.

As ações socioeducativas desenvolvidas na escola objetivam possibilitar ao corpo docente e discente uma melhor compreensão do seu papel e de sua responsabilidade com o meio ambiente. Jacobi (2003) fala que a educação ambiental deve ser vista como um processo de permanente aprendizagem que valoriza as diversas formas de conhecimento e forma cidadãos com consciência local e planetária.

As mudanças comportamentais não acontecem apenas com a teoria, demandando por parte da escola o exemplo em processos e ações extra aula que estejam de acordo com os conteúdos abordados pelos professores. A simples repetição de conceitos teóricos não é suficiente para a construção de uma nova consciência em relação ao meio ambiente.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO FORMAL E SUA IMPORTÂNCIA

Segundo Mendes e Vaz (2009), embora a Educação Ambiental (EA) não seja uma disciplina escolar nem responsabilidade da escola básica, ela pode ser trabalhada por meio de iniciativas pessoais e de grupos multidisciplinares de professores. No

Brasil, há registros sobre iniciativas isoladas de inserção de temas ambientais no ensino formal a partir da década de 1950.

Abordando sobre Educação Ambiental no Ensino Formal, reporta-se novamente a Lei n° 9.795 de 27 de abril de 1999 (BRASIL, 1999), onde no Art. 9º tem-se o entendimento pelo contexto do tema e engloba a educação básica, a educação superior, educação especial, educação profissional e educação de jovens e adultos.

Nesta mesma lei, em seus Artigos 10° e 11°, indica que a educação ambiental deve ser aplicada como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades do ensino formal, constando dos currículos de formação de professores e em todos os níveis e em todas as disciplinas.

Gauthier et al., (1998), diz que apesar dessas iniciativas, a EA tem sido introduzida nos ambientes formais de ensino sem uma maneira sistematizada de registro. Essa sistematização poderia agregar valor para a formação de um acervo de conhecimentos sobre a EA Formal e, consequentemente, para o crescimento da pesquisa nessa área.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NÃO FORMAL

Guimarães e Vasconcelos (2006), cita que a educação não formal por ter uma organização espaço-tempo mais flexível, possui um importante papel para a ampliação da cultura científica e humanística. Entretanto, para ampliar sua atuação, é importante que estes espaços estabeleçam uma forte parceria com as escolas, já que estas são instituições com maior capacidade de promover a sistematização com continuidade do trabalho educativo de intervenção na sociedade.

O art. 13º da Lei Nº 9795 (BRASIL, 1999), define educação ambiental não formal como as ações e práticas educativas voltadas à sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais e à sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente.

> Além disso, também proporcionando suporte teórico, o art. 13º da Lei Nº 9795/99, apresenta os princípios básicos da educação ambiental não formal que deverão ser incentivados pelo Poder Público em níveis federal, estadual e municipal:
>
> I - a difusão, por intermédio dos meios de comunicação de massa, em espaços nobres, de programas e campanhas educativas, e de informações acerca de temas relacionados ao meio ambiente;
>
> II - a ampla participação da escola, da universidade e de organizações não-governamentais na formulação e execução de programas e atividades vinculadas à educação ambiental não-formal;
>
> III - a participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não-governamentais;
>
> IV - a sensibilização da sociedade para a importância das unidades de conservação;
>
> V - a sensibilização ambiental das populações tradicionais ligadas às unidades de

conservação;
VI - a sensibilização ambiental dos agricultores;
VII - o ecoturismo. (BRASIL, 1999).

Diante do contexto e definições, nota-se que a educação ambiental deve ter como base o pensamento crítico e inovador, em qualquer tempo ou lugar, em seu modo formal e não formal, que promovam a transformação e a construção da sociedade de forma individual e coletiva. A EA tem o propósito de transformar cidadãos com consciência local e planetária, agregando valor ao conhecimento pela sustentabilidade e conservação do meio em que vivem.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho baseia-se num estudo qualitativo. De acordo com Martins (2008, p. XI), uma avaliação qualitativa "[...] é caracterizada pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos, em contrapartida à avaliação quantitativa, denominada pesquisa quantitativa, onde predominam mensurações". A estratégia utilizada, estudo de caso, pode ser descrita da seguinte forma:

> [...] uma investigação empírica que pesquisa fenômenos dentro de seu contexto real (pesquisa naturalística), onde o pesquisador não tem controle sobre eventos e variáveis, buscando apreender a totalidade de uma situação e, criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto. Mediante um mergulho profundo e exaustivo em um objeto delimitado – problema de pesquisa - o Estudo de Caso possibilita a penetração na realidade social, não conseguida plenamente pela avaliação quantitativa. (MARTINS, 2008, p. XI).

Foi escolhido para pesquisa um Projeto com enfoque no tema de estudo e com ótimas oportunidades para trabalhar o desenvolvimento da Educação Ambiental em uma comunidade através da escola.

COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A coleta dos dados foi realizada através da quantificação dos resíduos recolhidos pela Cooperativa assim como o acompanhamento na redução de obstruções de rede de esgoto pela Embasa.

A população amostrada foi a partir dos alunos das quatro turmas das 5ª a 8ª séries do Ensino Fundamental II, onde em um total de 104 alunos que participaram das atividades.

Apresentados os procedimentos metodológicos, a etapa seguinte consistiu em descrever os resultados da pesquisa relativa ao Projeto EMBASA NA ESCOLA, aplicado numa Escola Municipal de Mata de São João/BA.

Os dados foram analisados de forma que apresente os resultados alcançados e

apontem na conclusão uma síntese de roteiro de trabalho que possa ser desenvolvido em escolas municipais que atendam pequenas comunidades.

EMBASA - REALIZAÇÕES DE PROJETOS NA ESCOLA

A EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento desenvolve há mais de 15 anos o Projeto EMBASA NA ESCOLA – Reciclando Hábitos, que possui o objetivo de promover ações de educação ambiental não formal, disseminando conhecimentos através de multiplicadores que são informados nas comunidades visitadas.

O foco do trabalho normalmente são escolas públicas municipais e estaduais, localizadas em comunidades que possuem como meio de subsistência o meio ambiente, ou seja, atividades pesqueiras, artesanatos, entre outros.

Este projeto tem apresentado resultados muito positivos para a empresa e sociedade, sendo responsável pela iniciação de outros projetos corporativos tais como o OGR – Óleo e Gorduras Residuais que atua diretamente na coleta deste resíduo evitando obstruções nas redes coletoras de esgoto e reduzindo grandes danos ao meio ambiente, Ações de Apoio ao Combate da Dengue, Visitas Técnicas nas Estações de Tratamento de Água e Esgoto, entre outros.

LOCAL DA APLICAÇÃO DO PROJETO DA EMBASA

O projeto foi trabalhado na Escola Municipal São Francisco que está localizada em Praia do Forte, município de Mata de São João/BA. A região de Praia do Forte é conhecida como um dos melhores pontos turísticos em função dos grandes complexos hoteleiros além do Projeto Tamar, referência mundial na conservação de tartarugas marinhas.

A escola em que foi desenvolvido o projeto está localizada na Vila de Pescadores e atende a esta comunidade, que inclusive, depende do meio ambiente para sobreviver.

A Escola funciona em tempo integral, atende em média 240 alunos na faixa etária de 06 a 14 anos de idade, da alfabetização a 8ª série, correspondendo do 1º ao 9ª ano do ensino fundamental I e II.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento de novas formas para promover a valorização do meio ambiente através de técnicas que deixem um resultado sistemático e não soluções pontuais são cada vez mais necessárias na eficiência da educação ambiental.

A utilização de oficinas provocando a participação dos estudantes e professores

em atividades lúdicas divulgando-se o resultado alcançado como forma de incentivar a continuidade do programa tende a transformar os personagens iniciais das atividades em praticantes das ações ambientalmente corretas, disseminando boas práticas de preservação do meio e bem estar social.

EFEITOS DO PROJETO DESENVOLVIDO NA ESCOLA

O Projeto Embasa na Escola- Reciclando Hábitos, foi desenvolvido na Escola Municipal de Ensino Fundamental São Francisco, em Praia do Forte, Município de Mata de São João. A parceria surgiu da inquietação dos alunos a partir dos diálogos realizados pela Embasa em março de 2014, na comemoração do dia mundial da água. A empolgação dos alunos foi tamanha que demonstraram o interesse em desenvolver ações para minimizar o desperdício na escola, na casa e na comunidade de Praia do Forte.

A estratégica pedagógica adotada para o projeto foi a da formação pela prática aliada à reflexão, envolvendo diálogos para reflexão conceitual e orientação para inserção da Educação Ambiental na escola.

A proposta foi concebida tomando como referência também os processos de educação ambiental não formal, ou seja, aquele que necessariamente não está atrelado à estrutura curricular. Tal processo permite a identificação de problemas ambientais locais e construção de propostas para superação dos mesmos. A utilização de linguagem simples e de metodologias que valorizem a observação e percepção dos envolvidos, assim como de práticas simples que possibilitem reflexão, construção e reconstrução do conhecimento, potencializando ações que já estejam sendo realizadas pelos professores através de um processo pedagógico participativo permanente, que procura transmitir no educando uma consciência crítica sobre a problemática ambiental.

Para o desenvolvimento da educação ambiental, faz-se necessário agir nos processos de educação trazendo a importância da vinculação escola, família, comunidade, a fim de que haja sensibilização e, de forma mais abrangente, o despertar para a percepção afetiva do ambiente.

A estratégia metodológica do Projeto foi composta de 05 etapas conforme descritos na Tabela 1.

ETAPA	OBJETIVO	PERIODICIDADE	METODOLOGIA
1ª	Construir as ações com a participação da EMBASA e escola (coordenadora pedagógica, professores e alunos)	Toda quarta-feira à tarde	Reunir a Embasa com os professores onde são trabalhadas as demandas dos alunos trazidas da sala de aula
2ª	Contextualização dos Temas	Semanalmente	Foram realizados diálogos em sala de aula pela Embasa e parceiros de Praia do Forte
3ª	Desenvolvimento de estudos e pesquisas pelos alunos	01 vez durante o projeto	Realizar visitas de campo na ETE*, na ETA* com o objetivo de potencializar o conhecimento.
4ª	Realizar ação prática que possa minimizar os problemas identificados como impactos negativos no meio ambiente em Praia do Forte.	01 vez durante o projeto	Realizar ECOGINCANA
5ª	Troca do conhecimento entre as séries e os diversos Temas, com a realização da Feira do Conhecimento.	01 vez durante o projeto	Realizar a Feira do Conhecimento

Tabela 1 – Etapas Metodológicas do Projeto.

(*) ETA: Estação de Tratamento de Água; ETE: Estação de Tratamento de Esgoto; EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento.

O cardápio de temas desenvolvidos durante os diálogos foram oriundos da identificação de problemas ambientais locais e construção de propostas realizadas junto aos alunos. No processo, as demandas oriundas das lacunas de informações e conhecimentos apontados pelos professores foram sendo incorporadas a esse cardápio geral.

A metodologia de temas geradores adotada teve como objetivo levar os alunos a perceber o ambiente em que vive e se perceber como parte dele, principalmente nos aspectos relacionados ao saneamento básico, e dessa forma, contribuir para o respeito à escassez dos recursos naturais e as necessidades das próximas gerações. De posse dos Temas os atores passaram a investigar conjunta e sistematicamente com o objetivo de resolver o problema, ou para a tomada de consciência, ou para a produção de conhecimentos.

Os temas escolhidos para trabalhar durante o projeto foram selecionados pelos parceiros envolvidos (escola, comunidade, cooperativa, empresa) e estão apresentados na Tabela 02.

SÉRIE	TEMA GERADOR	PALESTRANTE
8º	De Olho no Óleo	COOPMARC*/EMBASA*
7º	Consumo Consciente de Água e Alimento	Nutricionista/ EMBASA
6º	Conservação da Flora e Fauna	Grupo Floresta Sustentável
5º	O luxo do lixo (Resíduo Sólido)	EMBASA

Tabela 2 – Temas Geradores do Projeto.

(*) COOPMARC – Cooperativa de Materiais Recicláveis de Camaçari; EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento.

A COOPMARC – Cooperativa de Materiais Recicláveis de Camaçari faz parte da Rede Social Óleo Bahia que é formada por entidades de catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis e agentes socioambientais, responsável pelo Projeto Rede Socioambiental da Coleta de Óleo de Fritura e Gorduras Residuais na Bahia, patrocinado pela Petrobrás através do Programa Desenvolvimento e Cidadania, tendo como executora a Organização, Associação Pleno Cidadão – ASPEC.

A escolha destes temas partiu da discussão entre a coordenação do Projeto e dos professores, os quais também representavam a comunidade. Em outros projetos desenvolvidos pela EMBASA já se discutiu estes temas, considerando-se a relevância destes para a aplicação da Educação Ambiental.

Discutir a questão do descarte correto do óleo de cozinha utilizado na cocção de alimentos é de suma importância para conservar o meio ambiente evitando o despejo em drenagens pluviais além de reduzir obstruções causadas por este elemento quando lançado nas redes coletoras de esgoto através do despejo em pias de cozinhas.

O consumo consciente de alimentos promove a consciência pelo desenvolvimento sustentável uma vez que esta comunidade está localizada em uma área de preservação ambiental e precisam do meio ambiente como meio de subsistência.

A conservação da fauna e flora também promove a conscientização para a sobrevivência da comunidade, uma vez que, a atração turística na região também acontece pela Reserva Sapiranga, que mantém um trecho da Mata Atlântica aberto para visitação do público.

A discussão sobre Resíduos Sólidos buscava provocar na comunidade uma reflexão sobre a reciclagem e reuso, temas que ainda são inovadores para eles.

Após a definição dos temas geradores, partiu-se para contextualizá-los através de diálogos realizados por parceiros convidados para assumir o papel de facilitador do processo. Como os alunos teriam que conhecer todos os Temas passou a pesquisar com o objetivo de replicar para as demais séries os conhecimentos obtidos.

Para aperfeiçoar os temas escolhidos foram convidados membros da comunidade, empresa, entre outros que fizessem palestras nas turmas sobre o assunto abordado no trabalho. A figura 1 ilustra um dos registros da palestra sobre Resíduos Sólidos com o título de " O luxo do lixo" que foi promovida pela assistente social Hilda Maria Ribeiro Dias, da empresa EMBASA, provocando o desenvolvimento da consciência ambiental em reciclar e reutilizar. Ao final da palestra os alunos tinham uma percepção muito boa referente ao tema, o que pode também ser conferido com o resultado da coleta de resíduos sólidos recicláveis alcançados na ECOGINCANA realizada na comunidade.



Figura 1 - Apresentação da Palestra Sobre Resíduos Sólidos.

Com o objetivo de possibilitar a interação entre a comunidade escolar, dentro de uma competição saudável, que estimulasse a construção e difusão de conhecimentos voltados para fomentar valores e atitudes para a formação de uma sociedade sustentável, foi realizada a ECOGINCANA.

Distribuídos em quatro equipes (vermelha, amarela, verde e laranja), criando o nome e o grito de guerra receberam as tarefas de:

- Coletar notas fiscais para serem doadas a Instituições Sociais;
- Coletar óleos de fritura (nos pontos comerciais e domiciliares);
- Coletar recicláveis para serem doados à COOPMARC – Cooperativa de Materiais Recicláveis de Camaçari;
- Confeccionar e desfilar com roupas de materiais recicláveis;
- Recitar, dançar e cantar com temas voltados para a sustentabilidade do meio ambiente.

As Figuras 2 a 5 ilustram os resultados obtidos com a ECOGINCANA promovida na comunidade.



Figura 2- Coleta de Resíduos Recicláveis.



Figura 3- Óleo de Fritura Coletado Durante a Gincana pela Equipe Vermelha.



Figura4 – Desfile com Roupas Produzidas pelos Alunos Utilizando Material Reciclado.



Figura 5 – Visita na ETA Barra do Pojuca

Effting (2007) explica que o processo de sensibilização da comunidade escolar pode fomentar iniciativas que transcendam o ambiente escolar, atingindo tanto o bairro no qual a escola está inserida como comunidades mais afastadas nas quais residam alunos, professores e funcionários. Souza (2000) afirma, inclusive, que o estreitamento das relações intra e extraescolar é bastante útil na conservação do ambiente, principalmente o ambiente da escola.

Para o encerramento das atividades foram apresentadas pela COOPMARC a estatística dos resíduos sólidos coletados na campanha da ECOGINCANA, além de

apurar os resultados do projeto com a EMBASA referente à redução de obstruções nas redes de esgoto.

EFEITOS DA ECOGINCANA E COMPENSAÇÃO PARA A EMBASA

Referente aos resíduos coletados pela ECOGINCANA, nas Tabelas 3 e 4 tem-se o resultado encontrado para quantidade de resíduos sólidos recicláveis e quantidade de óleo de fritura.

EQUIPE	Papelão	PET	Alumínio	Ferro	Plástico	Misto	TOTAL
VERDE	341	10	60	34	20		**465**
AMARELO	562		100	500	54		**1215**
VERMELHA	300			184		164	**647**
LARANJA	299	74		150			**523**
TOTAL	**1501**	**84**	**160**	**868**	**74**	**164**	**2850**

Tabela 3 – Quantidade de Resíduos Sólidos Recicláveis Coletados pelos Alunos.

Fonte: Dados coletados pela COOPMARC, 2014.

EQUIPE	OGR- Óleo de Gordura Residual
VERDE	457
AMARELO	641
VERMELHA	494
LARANJA	440
TOTAL (litros)	**2032**

Tabela 4 – Quantidade de Óleos de Fritura Recolhido pelos Alunos.

Fonte: Dados coletados pela COOPMARC, 2014.

A quantidade de resíduos recolhidos foi surpreendente para todas as partes envolvidas no projeto. O resultado da sensibilização ambiental promoveu diversos efeitos na comunidade conforme relacionados a seguir:

1. Sensibilização e envolvimento do corpo docente e discente da Escola Municipal São Francisco no projeto;
2. Redução do volume de óleo de fritura lançado na rede de esgoto operada pela Embasa, com resultado imediato da ECOGINCANA e em longo prazo com a mobilização social.
3. Mapeamento das informações sobre o consumo de óleo realizado pelos alunos através de pesquisa de campo;
4. Instalação de um ECOPONTO para coleta de óleo de frituras de alimentos, na escola para continuar o trabalho de controle de lançamento de óleo nas

redes;

5. Benefício social com apoio a inclusão social, com geração de trabalho e renda com a parceria com a COOPEMARC;
6. Atendimento à condicionante da Licença Operacional do Sistema de Esgotamento Sanitário de Praia do Forte pela EMBASA – Empresa Baiana de Águas e Saneamento;
7. Aumento da credibilidade da Embasa com a Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente da Prefeitura de Mata de São João e Ministério Público pelo trabalho desenvolvido e os resultados conquistados.

Além dos resultados com a coleta dos resíduos também houve um ganho expressivo na redução de obstruções de esgoto na região de Praia do Forte, conforme demonstrado na Tabela 5.

PERÍODO	REDUÇÃO DE OBSTRUÇÕES
jan/15	53%
fev/15	29%
mar/15	92%
abr/15	0%
mai/15	46%

Tabela 5 – Redução de Obstruções em Redes Coletoras de Esgoto em 2015 Comparando-se com o Mesmo Periodo em 2014.

Fonte: Relatório de Controle Estatístico da EMBASA, 2015.

Em 2014 a região de Praia do Forte teve um aumento de 7% no número total de ligações de esgoto, com acréscimo de 31% da quantidade de economias. Mesmo com o aumento significativo do volume coletado de esgoto, após a ação da gincana realizada no mês de Outubro/14, houve uma redução em 45% dos serviços de desobstrução de esgotos demandados em Praia do Forte no mês Novembro/14. Essa redução de atendimento ocorreu no período do verão de 2015, conforme demonstrado na Tabela 5.

Outro fator importante é que a região de Praia do Forte é um local turístico e na alta estação há uma população flutuante de turistas. Com o aumento de pessoas aumenta-se também o volume de efluente doméstico produzido. Mesmo com o acréscimo de esgoto derivado do verão, o número de ocorrências por obstrução nas redes coletoras de esgoto foi diminuído.

Como premiação para a equipe vencedora da gincana, foi promovido pela Embasa em parceria com a Escola São Francisco um passeio turístico em Salvador, com direito a visita no Pelourinho (Figura 6) que é o Centro Histórico da cidade, Mercado Modelo, Elevador Lacerda, almoço e um passeio no Zoológico da

cidade, com intuito de incentivar a todos os alunos e professores envolvidos que continuem promovendo atividades de educação ambiental com exercícios lúdicos e participativos.



Figura 6- Equipe Vencedora Visitando o Pelourinho em Salvador/BA.

CONCLUSÕES

Com este trabalho, procurou-se demonstrar a importância de se trabalhar com os alunos a preservação e defesa do meio ambiente e identificar os principais problemas ambientais relativos à comunidade de Praia do Forte através de uma dinâmica participativa entre alunos e professores do Ensino Fundamental II.

Os trabalhos foram conduzidos através da metodologia dialógica, baseada no trabalho de Paulo Freire, no qual educando e educador, pelo diálogo, fazem trocas de conhecimentos, transformando-os em um novo conhecimento usando a ação-reflexão-ação durante o processo.

A relação entre meio ambiente e educação para a cidadania admite uma função cada vez mais desafiadora, convocando a emergência de novos saberes para apreender processos sociais mais complexos e riscos ambientais que se intensificam.

Nas últimas décadas nota-se que as pressões sobre o ambiente global tornaram-se evidentes, fazendo-se necessário promover atitudes que zelem pelo desenvolvimento sustentável.

Essa estratégia requer um novo enquadramento mental e novo conjunto de valores. Um caminho para a promoção desse desenvolvimento é a educação ambiental, que pretende aumentar a capacidade das pessoas de enfrentar as questões ambientais e de desenvolvimento de forma mais harmônica possível.

Para os profissionais envolvidos com o tema da educação ambiental, o desafio é formular uma metodologia que desperte a capacidade crítica e inovadora dos participantes. Assim as ações devem ser acima de tudo um ato político voltado para a transformação social.

O educador deve estar capacitado para atuar como catalisador de processos educativos que respeitem a pluralidade e diversidade cultural fortalecendo a ação coletiva, articulando aportes de diferentes saberes e fazeres, e proporcionando a compreensão individual e coletiva da problemática ambiental em toda a sua complexidade.

Diferentes conceitos, objetivos e abordagens, inviabilizam falar de uma única educação como a mais adequada. Educação é estimular a sede de conhecimentos. O educador e o educando aprendem do seu contato mútuo. A verdadeira educação é a que é experimentada, provocada e dirigida.

Para intervir na realidade foram utilizados métodos e princípios de ações, valendo-se igualmente de técnicas, atitudes e habilidades**.** Foram dada ênfase à participação comunitária e a pesquisa-ação. Nesse projeto, o poder argumentativo é válido e quebrou a rigidez de uma pesquisa tradicional. Essa linha de pensamento está associada a diversas formas de ação coletiva voltada para resolução de problemas ou de objetivos de transformação.

A atuação teve como escolha a utilização da metodologia participativa, a qual foi compreendida como aquela capaz de envolver os participantes na construção da cidadania crítica e responsável. Não considerar as pessoas como objetos de investigação, mas as estimula a trabalharem juntas, como sujeitos conscientes, criativos e comprometidos com a transformação da realidade.

As ações socioeducativas desenvolvidas na escola objetivaram possibilitar a ampliação da compreensão do corpo docente e discente do seu papel e sua responsabilidade com o ambiente. A linha de condução do Projeto partiu do princípio de que as propostas pedagógicas têm que ser construídas pelos próprios educadores, em parceria com os educandos.

As mudanças comportamentais não acontecem apenas com a teoria, demandando por parte da escola o exemplo em processos e ações extra aula que estejam de acordo com os conteúdos abordados pelos professores. A simples repetição de conceitos teóricos não é suficiente para a construção de uma nova consciência em relação ao meio ambiente.

O principal objetivo de atuação da educação ambiental deve conquistar, acima de tudo, a solidariedade, a igualdade e o respeito à diferença através de formas democráticas de atuação baseadas em práticas interativas e inovadoras.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. **Lei 9.795**, de 27 de abril de 1999. Institui a Política Nacional de Educação

2. Ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 28 de abril de 1999.

3. _____. **Decreto nº 73.030, de 30 de Outubro de 1973.** Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 28 de abril de 1999.

4. _____. Ministério do Meio Ambiente. **Lei n. 6.938**, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente.

5. _____. **Decreto nº 73.030, de 30 de Outubro de 1973.** Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: Diário Oficial da União, 28 de abril de 1999.

6. _____. **Constituição da República Federativa do Brasil de *1988*.**

7. CARVALHO, I. C. M. **Educação ambiental**: a formação do sujeito ecológico. 2.ed. São Paulo: Cortez, 2006.

8. CHALITA, Gabriel. **Educação:** a solução está no afeto. São Paulo: Gente, 2002.

9. COOPERMARC - Cooperativa de Materiais Recicláveis de Camaçari, 2014. **Controle de resíduos sólidos de evento**.

10. DIAS, G. F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. 9a ed. São Paulo: Gaia, 2004.

11. EFFTING, T. R. **Educação Ambiental nas Escolas Públicas**: realidade e desafios. Monografia. Marechal Cândido Rondon, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

12. EMBASA. **Controle de indicadores de ações socioambientais**. Relatório de sustentabilidade. 2014.

13. GAUTHIER, C; MALO, A; SIMARD, D; DESBIENS, J-F; MARTINEAU, S. **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1998. (Coleção fronteiras da educação).

14. GUIMARÃES, M.; VASCONCELLOS, M. das M. N. **Relações entre educação ambiental e educação em ciências na complementaridade dos espaços formais e não formais de educaçã**o. Educar, Curitiba, n. 27, p. 147-162, 2006. Editora UFPR

15. JACOBI, Pedro. **Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. USP. Cadernos de Pesquisa, n. 118, março, 2003.

16. MARTINS, Gilberto de Andrade. **Estudo de caso**: uma estratégia de pesquisa. 2. Ed. São Paulo Atlas. 2008, p. XI

17. MENDES, Regina; VAZ, Arnaldo. **Educação em Revista**. Belo Horizonte, v.25, n.03, p.395-411, dez. 2009

18. REIGOTA, Marcos. **O que é educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, p.15, 2009.

19. SOUZA, A. K. **A relação escola-comunidade e a conservação ambiental**. Monografia. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2000.

20. VARINE, Hugues de. O Ecomuseu. **Ciências e Letras**, n. 27, p. 61-90, 2000

CAPÍTULO 22

PROJETO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA: REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA DESCARTADA POR DESTILADORES

Data de aceite: 09/01/2020

Roberto Santos de Oliveira
Gestor de Recursos Humanos pela UNESA. Técnico de Eletrônica e Informática pelo CEFET-RJ. Coordenador de QSMSRS no Centro de Ciências da Saúde – CCS/UFRJ
Rio de Janeiro - RJ

Julio Cesar Oliveira Antunes
Engenheiro Civil/Cartografia pela UERJ. Especialista em Engenharia Sanitária e Ambiental pela UERJ. Mestre em Ciências em Recursos Hídricos pela UERJ. Professor do Departamento de Meio Ambiente do CEFET/RJ. Gerente da Gerência Guandu-Lameirão da CEDAE-RJ. Representante da CEDAE e Diretor no Comitê de Bacia Hidrográfica do Guandu-RJ.
Rio de Janeiro - RJ

Lucas Olive Pinho Silva Gomes
Mestre em Defesa e Segurança Civil pela UFF. Gestor Ambiental pelo CEFET/RJ. Coordenador de Biossegurança no Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho no Centro de Ciências da Saúde – CCS/UFRJ.
Rio de Janeiro - RJ

RESUMO: A água destilada é um insumo extremamente importante para a produção de medicamentos na farmácia do Centro de Ciências da Saúde (CCS) na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, bem como em seus laboratórios de pesquisa, haja vista a utilização de cem destiladores que estão instalados no prédio do CCS. No entanto, para suprir a demanda de água destilada esses equipamentos descartam uma grande quantidade de água que é utilizada na troca de calor. Com os dados da eficiência de cada destilador, calculou-se um desperdício potencial de 1.000.000 de litros de água por mês. Porém, uma análise fisico-química e biológica da água utilizada por esses equipamentos constatou sua potabilidade de acordo com o Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017. Esse desperdício ocorre a cerca de 50 anos, desde a instalação do primeiro destilador em um laboratório de pesquisa no CCS. Todavia, no atual século XXI, quando há escassez de água potável em diversos lugares no planeta, esse esbanjamento não poderia ser mais tolerado. Sendo assim, o presente trabalho relata o esforço para conter esse "desperdício", diminuir o consumo de água e o custo por esse consumo no prédio do CCS, que possui 120 mil m². Os resultados comprovam o grande valor ambiental do projeto por reaproveitar a água descartada por destiladores, sua simplicidade e capacidade de ser replicado em outras universidades, além do retorno econômico.

PALAVRAS-CHAVE: Destilador, Reuso de água, Água potável, Desperdício de água, Eficiência hídrica.

WATER EFFICIENCY PROJECT: REUSE OF DISCARDED WATER BY DISTILLERS

ABSTRACT: Distilled water is an extremely important input for the production of medicines in the pharmacy of the Health Sciences Center (CCS) at the Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, as well as in its research laboratories, given the use of 100 distillers that are installed in the CCS building. However, to meet the demand for distilled water, these devices dispose of a large amount of water that is used for heat exchange. With the efficiency data of each distiller, a potential waste of 1,000,000 liters of water per month was estimated. But, a physicochemical and biological analysis of the water used by these equipments found its potability according to Annex XX of the Consolidation Ordinance No. 05 of Oct / 2017. This waste has been around 50 years since the installation of the first distiller in a research laboratory at CCS. However, in the present 21st century, when there is a shortage of drinking water in many places on the planet, this wastefulness could no longer be tolerated. Thus, the present paper reports the effort to contain this "waste", reduce water consumption and the cost of this consumption in the CCS building, which has 120,000 m². The results prove the great environmental value of the project by reusing the water discarded by distillers, its simplicity and ability to be replicated in other universities, as well as the economic return.

KEYWORDS: Distiller, Water reuse, Drinking water, Water waste, Hydric efficiency

INTRODUÇÃO

O "Projeto de Eficiência Hídrica: Reutilização de Água Descartada por Destiladores" foi idealizado a partir das observações do desperdício da água ocorrido no processo de destilação nos laboratórios de pesquisa do Centro de Ciências da Saúde - CCS da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Tendo como objetivos eliminar esse desperdício, diminuir o consumo de água e o custo por esse consumo, o projeto foi escrito, baseado em estudos preliminares sobre a eficiência dos destiladores e uma projeção do custo da perda de água, sendo, então, submetido em 2014, ao "Concurso Soluções Sustentáveis" do Fundo Verde da UFRJ. Esse fundo tem por objetivo a elaboração de projetos de infraestrutura sustentável nos setores de geração e racionalização do uso de energia e de mobilidade urbana para a UFRJ.

Devido a ser um projeto de grande valor ambiental e inovador, o "Projeto de Eficiência Hídrica: Reutilização de Água Descartada por Destiladores" foi um dos vencedores na categoria de eficiência hídrica, recebendo R$ 500.000,00 para a sua execução. Ademais, o projeto mostra-se alinhado ao Objetivo 6.4 dos 17 ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável) que constam na Agenda 2030 da ONU, ou seja:

Até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos

os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água (Agenda 2030, ONU, 2015).

Vale ressaltar que o projeto foi elaborado e executado durante a crise hídrica que causou a escassez de água na região sudeste desse país entre os anos de 2014 e 2017.

Portanto, o presente trabalho objetiva apresentar a metodologia desenvolvida para implementação do sistema de reaproveitamento de água, seus resultados e ações que possibilitaram a realização do projeto.

A Figura 1 mostra um desenho esquemático clássico de um destilador, onde se pode constatar que a água de entrada (fornecida pela CEDAE/RJ), que serve como trocadora de calor, é, invariavelmente, lançada no esgoto.

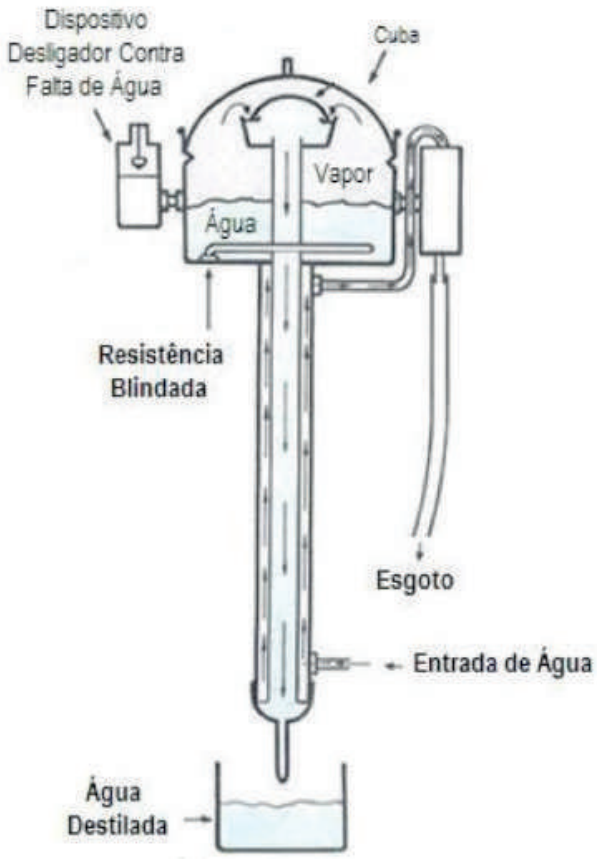


Figura 01 – destilador

Fonte: http://www.biosystems.com.br/equipamentos/destilador-de-agua-tipo-pilsen-modelos-disponiveis-de-2-a-10-litrosh-modelo-dl-da

OBJETIVOS

O objetivo principal do projeto é eliminar o desperdício da água descartada por destiladores no processo de obtenção de água destilada para a utilização em pesquisas e elaboração de medicamentos nos laboratórios localizados no prédio do Centro de Ciências da Saúde da UFRJ, quantificando e reutilizando a água

desperdiçada de forma inteligente por meio de um sistema replicável em situações semelhantes.

Os objetivos secundários são diminuir o consumo de água e seu custo, mostrando que os órgãos públicos podem e devem melhorar a gestão dos recursos financeiros e naturais através de projetos inovadores e adoção de práticas de sustentabilidade em consonância com a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) do Ministério do Meio Ambiente.

METODOLOGIA

A execução do projeto teve início em março de 2015 com uma equipe de cinco integrantes: um Gestor Público, um Gestor Ambiental, um Eng.º Eletricista, um aluno de Engenharia Ambiental da UFRJ, uma aluna de Gestão Ambiental do CEFET/RJ e um Engenheiro Civil e professor do Departamento de Meio Ambiente do CEFET/RJ como orientador. Sendo assim, para efeito de um estudo de viabilidade preliminar, foi necessário mapear e conhecer a quantidade e a localização dos destiladores espalhados nos diversos laboratórios em três pavimentos numa área de 120 mil m² construídos. Além disso, era importante conhecer a eficiência de cada destilador, ou seja, quantos litros de água são utilizados para se obter 1 litro de água destilada.

A partir desse dado, multiplicando-se pelo tempo estimado de uso, saber-se-ia o desperdício mensal de cada equipamento. Consequentemente, foi montada uma planilha com essas informações. Logo, foram contabilizados 100 destiladores com um potencial de desperdício de 1.000.000 de litros de água/mês.

Seguindo a metodologia definida no início do projeto, o próximo passo foi idealizar e montar um protótipo para a captação e reutilização da água descartada pelos destiladores. Para tanto, algumas perguntas precisavam de respostas, tais como: Qual a qualidade da água coletada? Qual a temperatura na qual a água sai do destilador? Qual a melhor utilização para o tipo e a quantidade de água que seria coletada? Como fazer a coleta sem interferir nas atividades dos laboratórios? Como quantificar a água reutilizada? Esses questionamentos e seus desdobramentos embasaram a construção de um protótipo com uma solução simples, eficaz, eficiente, inédita e ousada.

Portanto, o sistema idealizado funciona da seguinte forma: a água descartada é levada a um pequeno reservatório de 50 litros (Unidade Autônoma de Captação e Bombeamento – UACB – Figura 02) e, posteriormente, bombeada por uma minibomba pressurizadora (120W, 127V, 1.800l/h), que é acionada por uma eletroboia, para um reservatório de maior capacidade, externo ao prédio. Consequentemente, bombas centrífugas de maior potência, controladas por meio de um sistema elétrico robusto, bombeiam a água armazenada nos reservatórios externos para o sistema de

abastecimento. A Figura 03 ilustra o funcionamento do sistema, que é automático e sem contato humano em quaisquer de suas partes.



Figura 02 – protótipo da UACB instalado

Fonte: Autor

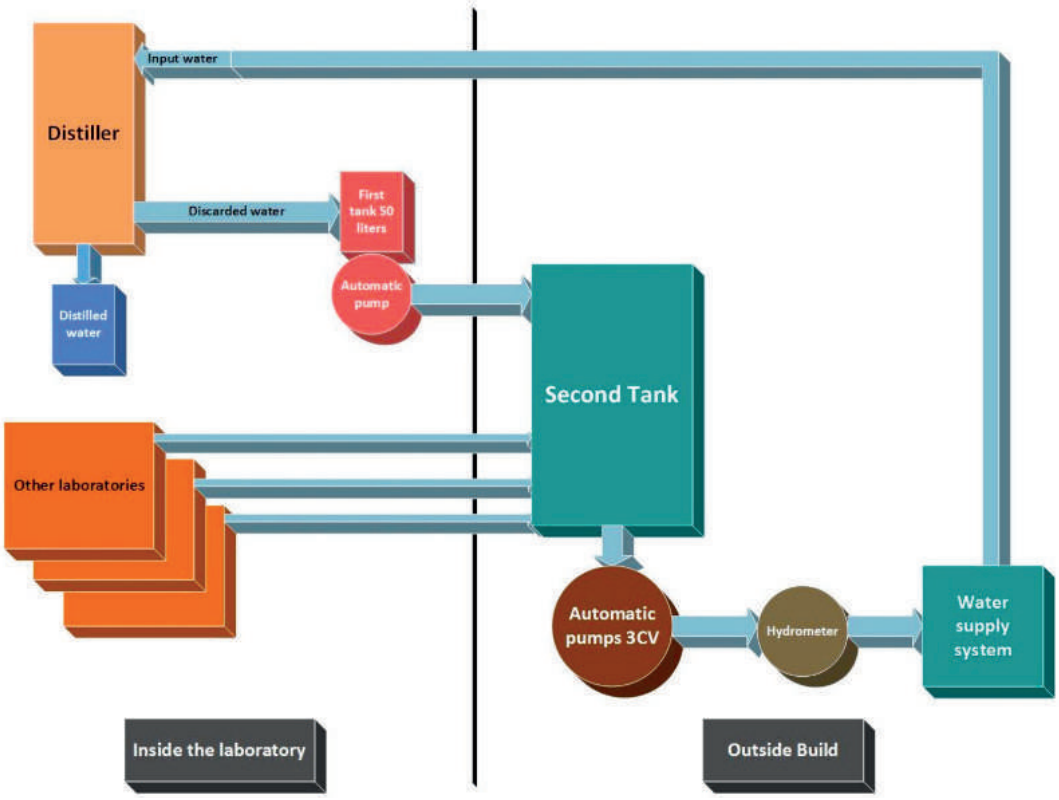


Figura 03 – esquema do sistema de captação e reutilização da água descartada pelos destiladores

Fonte: Criada pelo autor

Por conseguinte, o protótipo mostrou que o sistema é eficiente, pois ficou ativo durante 21 meses, captando e reutilizando a água de apenas três destiladores,

recuperando 560.310 litros de água (Figura 04) e trazendo uma economia de R$11.576,00.

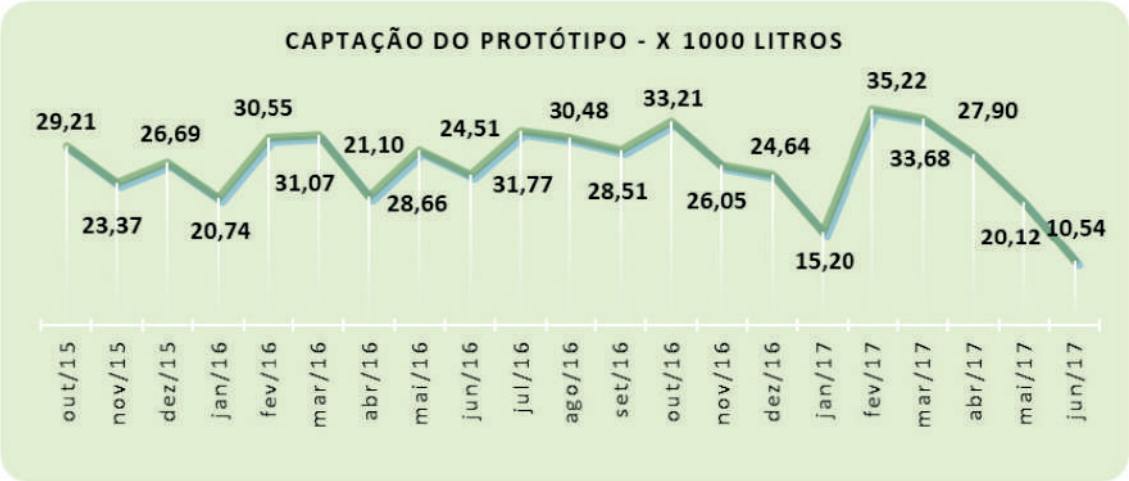


Figura 04 – Captação do protótipo

Fonte: Criada pelo autor

Em seguida, o sistema foi ampliando para a captação da água de 39 destiladores, por meio da construção de 30 UACB's. Infelizmente, os recursos financeiros não foram suficientes para se aproveitar a água de todos os destiladores, pois, foi necessário priorizar a malha de captação com 1,5km de tubulação instalada, os reservatórios externos de 30.000 litros e o sistema elétrico que controla as duas bombas centrífugas de 5CV, responsáveis pela reentrada da água no sistema de abastecimento do prédio, além da obra civil para receber os reservatórios e manter o local seguro.

As UACBs foram reprojetadas e construídas em alumínio e compensado naval, além de receberem um termômetro para que o operador do destilador regule a temperatura de saída da água, a qual deverá ser mantida no máximo em 40ºC, por meio do registro de entrada, ofertando mais ou menos água ao equipamento. Esse fator pode ser considerado uma inovação, pois, nenhum dos destiladores possui esse controle. Esse procedimento melhora a eficiência do destilador por favorecer o processo de troca de calor e aumenta a vida útil da resistência elétrica. Para que os laboratórios parceiros pudessem contatar os responsáveis e saberem como operar a UACB, foi desenvolvido um Procedimento Operacional Padrão (POP) em forma de adesivo e aplicado no equipamento.

A malha de canos de captação começa na saída da bomba da UACB e foi calculada da seguinte forma: tubos de 25mm *aquaterm* saem da UACB, os quais desembocam em tubos de 32mm ao longo das paredes externas do prédio que se conectam a tubulação de 50mm, a qual leva a água até os dois reservatórios externos de 15.000 litros cada. Estes são completamente independentes, pois, havendo a

necessidade de manutenção o sistema de reaproveitamento da água não precisa ser interrompido.

A tubulação de reentrada com 60mm começa na saída dos reservatórios e passa por uma lateral do prédio de 100m atingindo a rede de abastecimento em 11 pontos de conexões ao longo de 200m no subsolo do CCS. A tubulação e as bombas foram calculadas levando em consideração os 30mca de pressão do sistema de abastecimento e os 10mca de perdas de cargas, sendo assim, quando as bombas centrífugas de 5CV são acionadas entregam 13.500 litros/h sob uma pressão de 40mca. Destaca-se que em cada uma das seções da tubulação de abastecimento, onde há uma conexão de entrada, foram instalados manômetros para o monitoramento da pressão do sistema, antes inexistentes. Com isso, a equipe conseguiu verificar a pressão da rede quando as bombas são acionadas, além de o setor de manutenção do prédio poder monitorar o sistema de abastecimento com maior precisão.

Dessa forma, a obra foi concluída em agosto de 2017. Ao final do primeiro mês de operação, registrou-se a quantidade de água captada e reutilizada pelo sistema, a qual ficou na casa de 286.000 litros.

Após a conclusão das obras principais, a equipe se dedicou a colocar o sistema de telemetria para funcionar. Por conseguinte, durante os meses de setembro de 2017 a janeiro de 2018 a equipe trabalhou na instalação do módulo DMI Mini TCR A663/CA-mA 88ES, desenvolvido pela empresa nacional ISSO Tecnologia, no sistema de alimentação elétrica e controle das bombas de 5CV. Foram acoplados ao equipamento três sensores que verificam as fases de alimentação das bombas, o transmissor de pressão, que verifica a pressão do sistema na saída das bombas e o hidrômetro, o qual gera um pulso a cada 10 litros de água entregues pelas bombas. Por meio da interface web, pode-se monitorar o sistema de reaproveitamento da água descartada por destiladores. Este é o link de acesso à interface web: https://datalog.issodns.com/?sid=EHVM0LF24FAV& (Figura 05).



Figura 05 – Tela da interface web

Fonte: Criada pelo autor

RESULTADOS OBTIDOS

Com a instalação das 30 UACBs, a captação aumentou consideravelmente. As Figuras 06 e 07, abaixo, mostram a captação por mês e o retorno econômico por mês até outubro de 2018. Pode ser constatado que houve uma captação total de 4.175.000 de litros de água. Somadas a do protótipo, o projeto reutilizou 4.735.310 litros de água, obtendo um retorno econômico no valor de R$ 94.426,50.

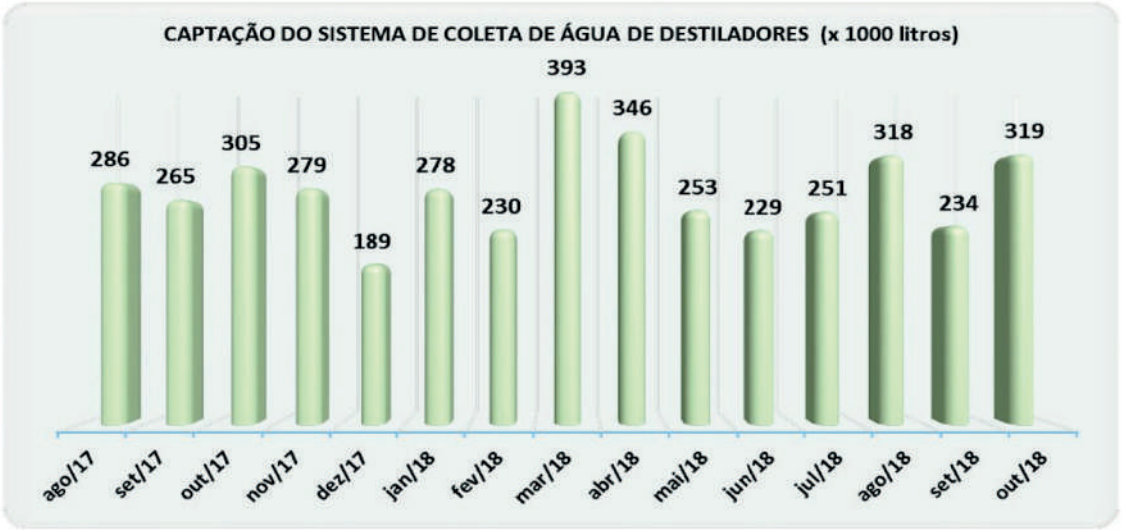


Figura 06 - Captação do sistema de coleta de água de destiladores

Fonte: Criada pelo autor

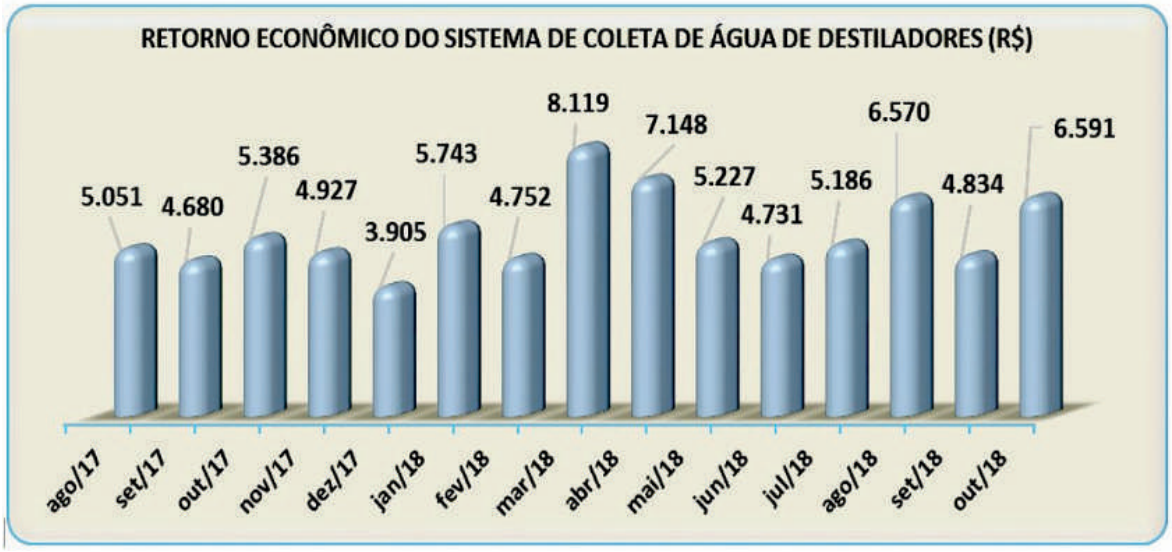


Figura 07 - Retorno econômico do sistema de coleta de água de destiladores

Fonte: Criada pelo autor

Outro resultado a ser destacado diz respeito a comparação da análise da qualidade da água captada com a água do sistema de abastecimento do CCS. A primeira análise foi feita em setembro de 2015 pelo Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) e comparou a concentração de Cloro Livre Residual entre a água de abastecimento do CCS (amostra P) com a água na saída do destilador (amostra D) por meio do método iodométrico **(Figura 08)**. Em agosto de 2017 outra análise foi feita no Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ) no Laboratório de Química Analítica Quantitativa. As amostras foram coletadas de acordo com a NBR 9898 (Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores). As análises foram feitas em triplicata. As três amostras de água de abastecimento foram obtidas em uma torneira do Laboratório de Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias (Bloco G, subsolo, prédio do CCS). As três amostras de água de reuso foram obtidas dos reservatórios do Sistema de Reuso após 21 meses de operação. Todos os resultados comprovaram a potabilidade da água coletada, segundo o Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017 (Tabela 01).

$mgCl_2/L$ amostra P = 2,13 ppm

$mgCl_2/L$ amostra D = 2,079 ppm

Faixa de Cloro Residual Livre preconizado pela Portaria MS 2.914: de 0,2 a 2,0 ppm.

Figura 08 – Resultado da comparação do Cloro Residual Livre

Fonte: Relatório do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF) – setembro /2015

Parâmetro	V.M.P. (MS 2914)	Resultado H_2O abastecimento	Resultado H_2O reuso
Ferro	0,3 mg/L	0,36 mg/L	0,28 mg/L
Dureza total	500 mg/L	21,4 mg/L	21,1 mg/L
Cloro Livre	5,0 mg/L	4,8 mg/L	4,6 mg/L
Sólidos dissolvidos Totais	1000 mg/L	74,2 mg/L	63,8 mg/L
Coliformes Totais	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml
Eschorichia coli	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml

Tabela 01 – Resultado da análise da qualidade da água captada

Fonte: Relatório do Laboratório de Química Analítica Quantitativa (IFRJ) – agosto/2017

Considerando apenas o período no qual o projeto operou por completo, captando a água dos 39 destiladores, a média de reaproveitamento mensal representa entorno de 2,5% do total de água consumido pelo CCS. O consumo de energia para operar o projeto é, em média, 84KWh por mês, o que significa menos de 0,001% do total consumido pelo centro (1.200.000 KWh/mês).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados comprovam que os cem destiladores instalados nos laboratórios de pesquisa no prédio do CCS descartam uma grande quantidade de água e esse desperdício vem ocorrendo desde a instalação do primeiro destilador há pelo menos 50 anos. Embora todos soubessem desse fato, nada de concreto foi feito para se resolver o problema. No entanto, esse projeto tornou-se inovador e sem paralelo em sua escala de atuação ao captar e reaproveitar a água descartada de uma forma inteligente e diminuindo os custos para os cofres públicos.

Além disso, as análises provaram a potabilidade da água coletada. Portanto, não há somente água sendo desperdiçada, mas água potável, que representa 0,003% da água doce disponível no planeta. Consequentemente, o resultado do projeto estabelece um novo paradigma na utilização de água para a produção de água destilada nos laboratórios de pesquisa e produção de medicamentos, que deveria levar a uma maior reflexão e discussão no âmbito da comunidade universitária e da administração pública.

CONCLUSÕES – RECOMENDAÇÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O projeto é inovador por ter idealizado a Unidade Autônoma de Captação de

Bombeamento – UACB, que executa a sua função silenciosamente e de forma quase invisível às atividades dos laboratórios, a um custo baixo. Além disso, o projeto foi construído em uma escala jamais vista, sendo assim, não há precedentes na literatura que registrem a captação e a utilização de água potável na qualidade, na forma e na quantidade alcançadas pelo projeto.

Ao comprovar a potabilidade da água, o projeto foi ousado em utilizar a água captada em um sistema fechado, completamente inédito.

O projeto se tornou extremamente importante para o CCS/UFRJ por mostrar que o desperdício de água pode ser combatido com ações que levam a sustentabilidade, diminuindo o impacto do desenvolvimento humano no meio ambiente. Além disso, por sua baixa complexidade, o projeto pode ser replicado em outras universidades que utilizam destiladores em seus laboratórios de pesquisa.

A UFRJ e outras universidades deveriam considerar a construção de salas de água, onde os destiladores ficariam concentrados. Essa medida diminuiria em muito o custo do projeto, visto que uma UACB pode captar a água de quatro destiladores.

É recomendável que a União, não somente invista recursos para o término da captação dos sessenta destiladores que ficaram fora dessa primeira etapa do projeto, como também, possa incentivar que outras universidades adotem essa solução para cessar o desperdício de água potável por meio de destiladores, visto que o investimento tem retorno certo.

Sugere-se que haja uma revisão do Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017, pois, esse tipo de água não se encaixa em nenhuma das definições de reuso potável, porque não foi encontrada degradação da qualidade da água coletada em nenhum ponto do sistema.

REFERÊNCIAS

ANA, Agência Nacional de Águas, **História da Água**, Disponível em: http://historiadaagua.ana.gov.br/livro_historia_agua.pdf, acesso em 22/09/2018.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Lei 6.938/81**- Brasília. Disponível em: http://www.mp.go.gov.br/portalweb/hp/9/docs/rsulegis_03.pdf, Acesso em 30/09/2018.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357/2005**.

FIESP, **Conservação e reuso de águas em edificações** (2005). Disponível em: http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/conservacao-e-reuso-de-aguas-em-edificacoes-2005/. Acesso em 30/03/2019.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de direito ambiental brasileiro**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

ILHA, M. S. O.; OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M.: **Sistemas de medição individualizada de água: como determinar as vazões de projeto para a especificação dos hidrômetros?** - Scielo.

br – 2010

JACOB, Pedro. **Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade.** Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/cp/n118/16834.pdf, acesso em 01/10/2018.

LENZA, Pedro. **Direito Constitucional Esquematizado**. 14. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MMA, Ministério do Meio Ambiente, **Agenda Ambiental na Administração Pública-A3P**. Disponível em: http://a3p.mma.gov.br/. Acesso em 30/03/2019.

MS, Ministério da Saúde. **Anexo XX da portaria de consolidação Nº 05 de out/2017.**

ONU, Organização das Nações Unidas**. Agenda 2030**, Disponível em: https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/. Acesso em 30/03/2019.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, 2015.

CAPÍTULO 23

PROJETO DE INFRAESTRUTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO DESENVOLVIDO ATRAVÉS DA FILOSOFIA BIM

Data de aceite: 09/01/2020

Marcos André Capitulino de Barros Filho
Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária (PPgES / UFRN). Professor da Universidade Federal do Maranhão, Campus São Luís.
São Luís - Maranhão

Pedro Henrique Matias Dantas
Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar.
Natal – Rio Grande do Norte

Lucas Vieira Fernandes
Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar.
Natal – Rio Grande do Norte

Aldrin Magno Dantas Siqueira Júnior
Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Potiguar.
Natal – Rio Grande do Norte

RESUMO: Com a evolução da tecnologia nas diversas áreas da indústria da construção civil, novas formas de se projetar vem ganhando espaço. Dessa forma, a implantação da filosofia de integração entre todas as etapas do projeto, que é a *Building Information Modelling* (BIM), vem para aumentar a qualidade dos produtos da Engenharia Civil, a fim de viabilizar projetos de maneira a aumentar a qualidade, diminuir custos e melhorar os processos. A ferramenta auxilia desde a etapa de planejamento até as fases executivas, com modelagens e detalhes visuais. Assim, obras de infraestrutura de recursos hídricos podem ser beneficiadas por essas filosofias construtivas, podendo usar desse recurso para desenvolver projetos economicamente viáveis, com um grau de excelência maior e gerando mais acessibilidade das várias classes sociais ao acesso às infraestruturas mínimas de subsistência. O presente trabalho teve como objetivo desenvolver um projeto de abastecimento de água, de forma simulada, para uma região da cidade do Natal/RN, com o intuito de avaliar os benefícios executivos e de planejamento que esses métodos de projeto podem trazer para os executores das obras ao receberem um projeto mais robusto de informações e detalhamentos.
PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de Água, BIM, Projeto, Recursos Hídricos.

PROJECT OF INFRASTRUCTURE FOR WATER SUPPLY FOR HUMAN CONSUMPTION DEVELOPED THROUGH THE BIM PHILOSOPHY

ABSTRACT: With the evolution of technology in the various areas of the construction industry, new ways of designing are gaining ground.

Thus, the implementation of the philosophy of integration between all stages of the project, which is Building Information Modeling (BIM), comes to increase the quality of Civil Engineering products, in order to enable projects to increase quality, decrease costs and improve processes. The tool assists every stage, from the planning stage to the executive phases, with modeling and visual details. Thus, water infrastructure works can benefit from these constructive philosophies, and can use this resource to develop economically viable projects, with a higher degree of excellence and generating more accessibility of the various social classes to access to minimum subsistence infrastructures. The present work aimed to develop a simulated water supply project for a region of the city of Natal/RN, in order to evaluate the executive and planning benefits that these project methods can bring to the executors of the cities by receiving a more detailed information of the project.
KEYWORDS: Water Supply, BIM, Project, Water Resources.

1 I INTRODUÇÃO

Segundo Oliveira e Melhado (2006) o projeto é uma etapa de desenvolvimento, organização, registro e transmissão das características físicas e tecnológicas para a execução de um empreendimento. Ele precisa fornecer as informações necessárias para os processos operacionais da obra, incluindo fluxos de material e informações. Com isso, os autores definem os projetos de engenharia civil e de arquitetura como projetos técnicos que devem ter os detalhes construtivos e de locação de equipamento para os processos de implantação do empreendimento, além de informações relevantes para o desenvolvimento de processos de gerenciamento e planejamento. Com o intuito de auxiliar a melhor relação de todos os sistemas envolvidos em um processo de projeto surgiu a filosofia *Building Information Modelling* (BIM).

O BIM é uma linguagem que vem crescendo nos últimos anos para auxiliar no desenvolvimento de projetos, modelagens e interdisciplinaridade no contexto da construção civil. Essa linguagem permite que informações de várias etapas e variáveis dos ciclos de vida da edificação ou infraestrutura sejam compartilhadas entre as disciplinas (MATIAS, 2017). As principais vantagens do BIM são resultantes da sua forma de apresentação, sendo ela em modelos tridimensionais, nos quais características geométricas trazem informações técnicas, facilitando o entendimento do projeto (MATIAS, 2017). Com a filosofia BIM, é possível, através de softwares, desenvolver construções virtuais de obras civis, aplicando e compartilhando informações das diversas etapas do empreendimento, como projeto, execução, manutenção e desconstrução. Assim, não só os dados geométricos da construção estão presentes no projeto, como também uma série de informações como propriedades mecânicas, prazos e custos da implantação do projeto (LINO, AZENHA, LOUREMÇO 2012).

De acordo com Azevedo (2009), é comum os profissionais receberem projetos em 2D e passarem para 3D com intuito de vender o produto para os seus clientes. Assim, a etapa de modelagem 3D já faz parte do dia a dia dos escritórios de projeto de construção civil, porém seu potencial, como o de facilitar a execução da obra e o de prever problemas que possam ocorrer nas etapas práticas da construção, ainda é pouco explorado. É notável a praticidade de usar essa técnica também para desenvolver listagens de materiais, controlar os custos dos projetos e prazos e detectar problemas precocemente.

Vários projetos surgem com problemas que resultam em perdas de retrabalho e de tempo. Assim sendo, é necessária uma dinâmica mais eficiente de projetar, tanto para gerir, quanto para facilitar a execução de obras. A etapa do projeto na construção civil é de total importância para garantir a qualidade final do produto e sucesso do empreendimento. Além de guiar a execução da obra, o projeto é fundamental para garantir que a fase de execução seja economicamente viável e dotada de processos eficientes com informações relevantes para auxiliar na produção (FABRICIO; MELHADO, 2007).

Entre os projetos de infraestrutura que são responsáveis por atender necessidades básicas do ser humano, pode-se destacar o projeto de abastecimento de água. Segundo Creder (2006), desde os tempos antigos o homem busca se alocar em locais próximos a cursos d'água com abundância de recursos hídricos. A preocupação dos povos com o abastecimento de água é documentada desde a época dos césares em Roma, na qual várias infraestruturas de abastecimento de água foram desenvolvidas nas cidades, a fim de fornecer o recurso tanto para o consumo quanto para o lazer nas famosas piscinas romanas. Desta forma, a qualidade final das obras de abastecimento hídrico é extremamente importante, pois é responsável pela saúde pública da região que irá atender, controlando e prevenindo doenças, facilitando hábitos de higiene da população e limpeza pública, gerando conforto e bem-estar. Também se faz importante economicamente, visto que aumenta a vida média e reduz a mortalidade, melhora a vida produtiva do indivíduo, facilita a implantação de indústrias, fomenta o turismo e facilita o combate ao incêndio (FUNASA, 2007).

Segundo Heller e Pádua (2006) uma "boa engenharia" é capaz de achar mais de uma solução para um problema avaliando caracteres positivos e negativos, tendo em vista que cada decisão resulta em reflexos de ordem econômica, social e operacional, o que torna a etapa de tomada de decisão como uma das mais importantes do projeto. No caso de um projeto de abastecimento de água, a melhor solução não é a mais econômica, moderna ou até mesmo a mais segura e, sim, a que é mais bem apropriada à realidade onde será implantada a obra. Dessa forma, é possível entender a importância de fazer um projeto de qualidade, com variáveis diversas que

possam ser estudadas de forma simples e revisadas, de modo a garantir a melhor eficiência do sistema. O uso do BIM permite uma melhora na execução, implantação e concepção do projeto de abastecimento de água, sendo uma ferramenta importante para oferecer mais qualidade a este tipo de projeto, que é de grande importância para a vida em comunidade.

De acordo com Azevedo (2009), o BIM em suas bases virtuais permite que qualquer alteração feita em um parâmetro dos elementos do desenho consiga alterar os demais parâmetros em todas as peças de mesma configuração, fazendo com que a análise de vida do empreendimento possa ser reanalisada diversas vezes em processos menos onerosos e mais rápidos. Além disso, vinculado com as modelagens BIM é possível integrar o orçamento com a modelagem, gerando o conceito de 5D que ajuda a administrar o custo da obra, ou seja, se torna um processo integrado que otimiza o tempo e diminui as perdas na etapa de execução, caso algum tipo de alteração precise ser feita durante a fase de obra.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um projeto de abastecimento de água em uma região da cidade do Natal/RN, utilizando ferramentas de modelagem e desenho com linguagem BIM. Assim, será possível verificar o nível de detalhamento dos projetos e as informações incluídas que poderão auxiliar na sua execução e planejamento. Além disso, serão avaliados os quantitativos de materiais para facilitação de orçamento, sendo possível verificar vantagens técnicas e as etapas de execução beneficiadas com a modelagem do projeto e a facilidade para alterar ou relocar pontos chaves e peças para um melhor dimensionamento da rede.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Foi escolhida uma região na cidade do Natal/RN para servir de base para o projeto de abastecimento de água (Figura 1). Obteve-se o mapa de Natal na página do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no qual constam os lotes, arruamentos e as curvas de nível dos bairros da cidade, em formato .dwg. Com isso, foi escolhida, apenas para fins deste estudo, uma parcela do bairro de Ponta Negra, conforme ilustrado na Figura 2, que engloba oito quadras delimitadas pelas ruas Miguel Godeiro Primo, Dr. Anderson Dutra de Almeida, Halley Mestrinho, Praia de Camboinhas, Praia de Cristo Redentor, Dr. Anderson Dutra de Almeida, Palestina, Leonora Armstrong e as Avenidas Roberto Freire e Praia de Ponta Negra. As Figuras 3 e 4 apresentam as curvas de nível e o parcelamento do solo da área de estudo, respectivamente.



Figura 1 – Localização da área escolhida para estudo

Fonte: Adaptado do Google



Figura 2 – Local de estudo escolhido correspondente a uma parcela do bairro de Ponta Negra

Fonte: Adaptado do Google, 2019

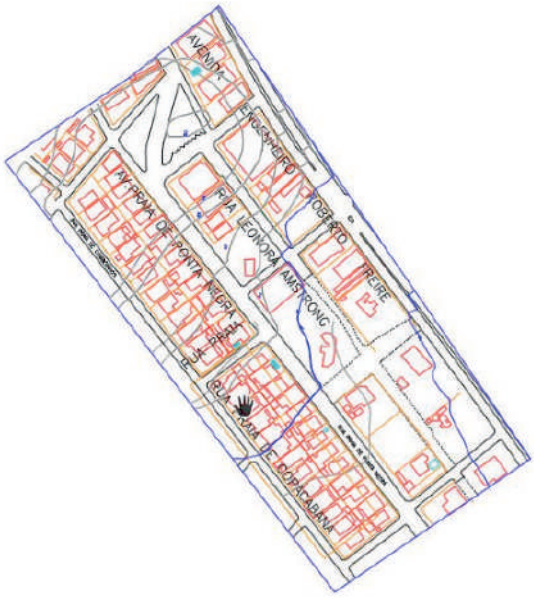


Figura 3 -Curvas de nível da área escolhida para estudo

Fonte: Adaptado da CAERN, 2005

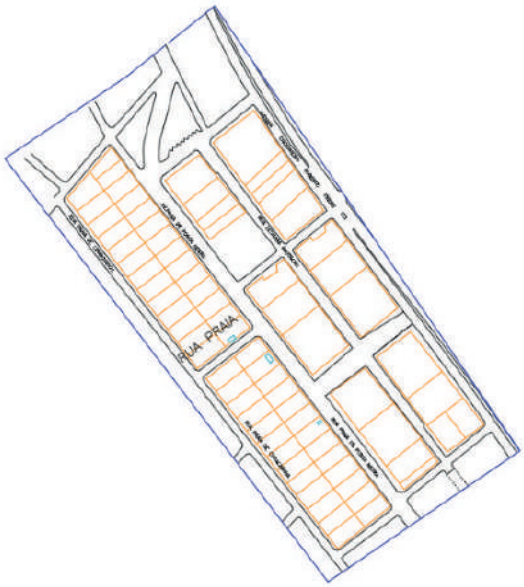


Figura 4 – Parcelamento do solo

Fonte: Adaptado da CAERN, 2005

O dimensionamento da rede foi realizado de maneira a atender às exigências e recomendações preconizadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR n° 12218/1994 – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Além disso, foi feito um desenho esquemático usando o software Autocad como base para a modelagem em 3D. Para a elaboração do modelo 3D e extração de quantitativos foi utilizado o software Revit 2019. Isso se deu de maneira simultânea, na medida em que a modelagem da maquete continha as informações importantes para outras etapas do projeto, como orçamento e dimensionamento da rede de distribuição. Com a utilização da ferramenta BIM, foi possível adquirir um fluxo de trabalho apropriado para melhorar a agilidade do processo e diminuir os erros. A orçamentação do projeto, foi feita utilizando o software OrçaFascio, ferramenta que possui integralização de todos os bancos de custos nacionais e regionais, possibilitando a execução precisa do orçamento sintético-analítico e do cronograma físico-financeiro. Além disso, foi utilizado um plugin de integralização com o software da modelagem que extrai todos os quantitativos gerados pelo Revit.

Para o gerenciamento do projeto, foi utilizado o MS Project como ferramenta, aplicando todo o conhecimento do Guia PMBOK (Project Management Body of Knowledge) para iniciação, planejamento, execução e controle e, por fim, encerramento do projeto. A ferramenta utilizada garantiu o alcance de quatro objetivos essenciais para o sucesso do projeto, assim foi possível gerir o escopo do projeto, garantindo todas as atividades necessárias para sua execução com êxito, administrar o custo,

garantindo que o projeto fosse concluído com o orçamento previsto, gerenciar o tempo, fazendo com que todas as atividades respeitassem os prazos pré-estabelecidos e verificar a qualidade, garantindo que o projeto atendesse às necessidades para o qual foi criado. Diante dos desafios apresentados pela pesquisa, entender o ciclo de vida do projeto foi substancial para o seu bom desenvolvimento.

3 I RESULTADOS

Como exposto anteriormente, para a execução do projeto foi desenvolvida uma rede de abastecimento fictícia, ilustrada com o croqui da Figura 5, com auxílio das curvas de nível e dos arruamentos adquiridos nos mapas desenvolvidos em formato DWG, pela CAERN, da cidade de Natal – RN. Dessa forma, foi possível desenvolver um dimensionamento real segundo a norma NBR n° 12218/1994, estando os resultados demonstrados nas Tabelas 1, 2 e 3.

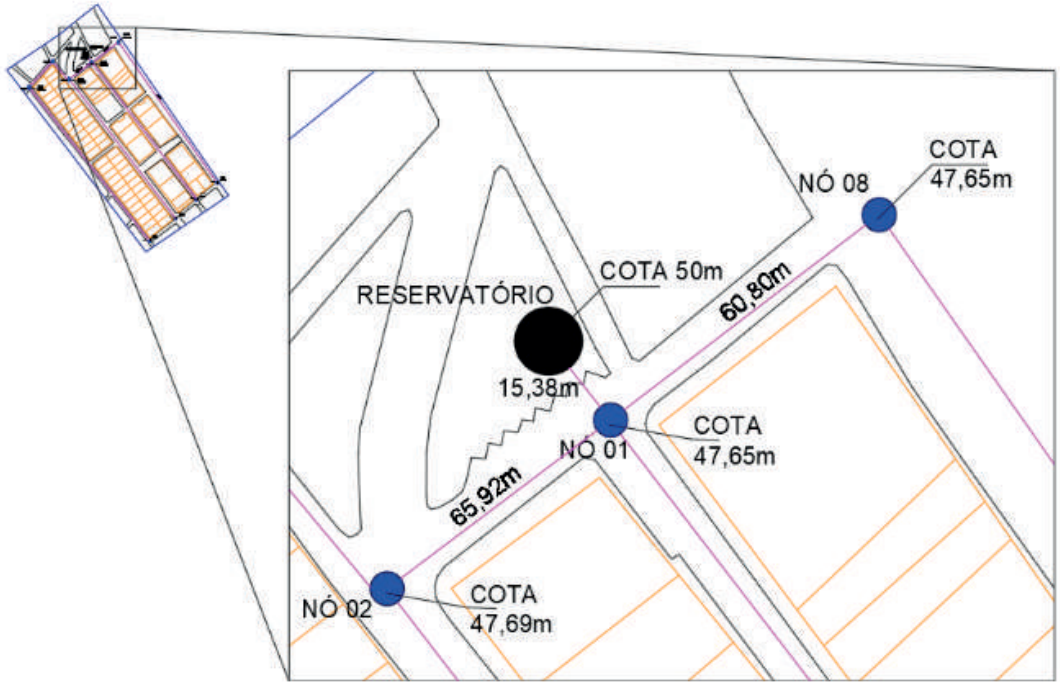


Figura 5 – Croqui da rede de abastecimento fictícia

Fonte: Autores

DADOS DE PROJETO		
L Total =	1849,46	m
População de Projeto =	1200,00	Hab.
Consumo percapita =	200,00	L/hab.dia
Coef. K1=	1,20	-
Coef. K2=	1,50	-
Coeficiente C do material =	130	-
Vazão Máxima =	5,00	L/s
Vazão de Consumo Linear (qm)=	0,0027	L/s.m
Cota do Reservatório=	50,00	m
Nível Min. da água no Reserv. (NAR)=	60,00	m

Tabela 1 – Dados do projeto

Fonte: Autores

Planilha de Cálculo de Rede.										
Trecho	Nó		Extensão	Vazão (l/s)				Diâmetro	Velocidade	Perda de Carga
										Unitária (J)
			(m)	Jusante	Em Marcha	Montante	Fictícia	mm ou DN	m/s	m/m
1	N9	N8	371,59	0,00	1,00	1,00	0,50	50	0,25595	0,0022
2	N8	N1	60,80	1,00	0,16	1,17	1,09	100	0,13844	0,0003
3	N7	N1	376,19	0,00	1,02	1,02	0,51	75	0,11516	0,0003
4	N4	N2	425,92	0,00	1,15	1,15	0,58	150	0,03260	0,0000
5	N6	N5	412,32	0,00	1,11	1,11	0,56	50	0,28400	0,0027
6	N5	N3	72,80	1,11	0,20	1,31	1,21	50	0,61815	0,0114
7	N3	N2	48,54	1,31	0,13	1,44	1,38	100	0,17543	0,0005
8	N2	N1	65,92	2,46	0,18	2,64	2,55	200	0,08128	0,0001
9	N1	RES	15,38	4,83	0,04	4,87	4,85	200	0,15439	0,0002
Nó		Perda de	Cota do Terreno		Cota	Cota	Pressão Disponível (mca)	Pressão Estática (mca)		
		Carga no			Piezométrica	Piezométrica				
		Trecho (Hf)	Montante	Jusante	a Montante	a Jusante	Montante	Jusante	Montante	Jusante
N9	N8	0,830632	47,650	42,070	59,978	59,147	12,33	17,08	12,350	17,930
N8	N1	0,019378	47,650	47,650	59,997	59,978	12,35	12,33	12,350	12,350
N7	N1	0,119419	47,650	42,040	59,997	59,878	12,35	17,84	12,350	17,960
N4	N2	0,005817	47,690	42,000	59,994	59,988	12,30	17,99	12,310	18,000
N6	N5	1,117235	47,220	41,970	59,138	58,021	11,92	16,05	12,780	18,030
N5	N3	0,831606	46,980	47,220	59,970	59,138	12,99	11,92	13,020	12,780
N3	N2	0,023975	47,690	46,980	59,994	59,970	12,30	12,99	12,310	13,020
N2	N1	0,003486	47,650	47,690	59,997	59,994	12,35	12,30	12,350	12,310
N1	RES	0,002666	50,000	47,650	60,000	59,997	10,00	12,35	10,000	12,350

Tabela 2 – Planilha contendo o dimensionamento da rede

Fonte: Autores

TESTE DE PRESSÕES			
P. Mín.	P. Mín.	P. Máx.	P. Máx.
11,9	11,9	13,0	18,0

Tabela 3 – Planilha contendo os testes de pressões máximas e mínimas

Fonte: Autores

Com auxílio do software REVIT, foi possível gerar a modelagem do terreno a partir das curvas de nível em DWG e, assim, de toda a rede, produzindo várias vistas em 3D e cortes esquemáticos para auxiliar na execução, como pode ser visto

na Figura 6. Além disso, foram geradas também as tabelas de quantitativos dos materiais que serão usados para execução da obra, exemplificadas nas Figuras 7 e 8, que virá a servir como base para os cálculos durante a etapa de orçamento.

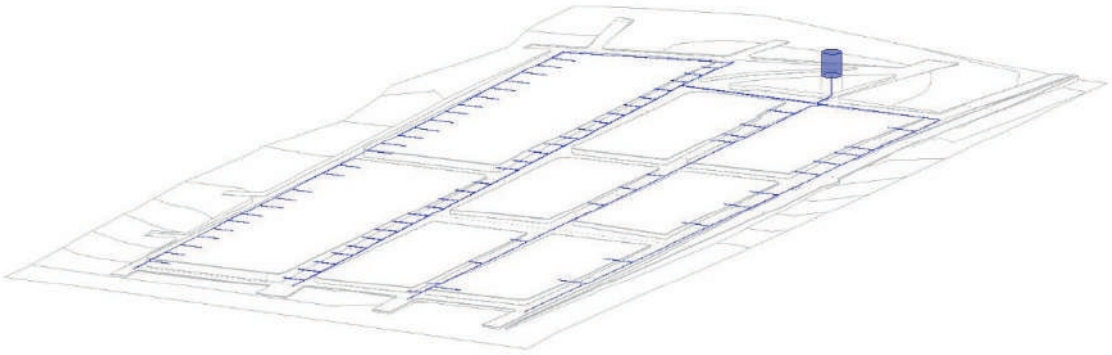


Figura 6 - Modelagem da rede de abastecimento fictícia

Fonte: Autores

<Tubos Rigidos>

A	B	C
Tipo	Comprimento(m)	Diâmetro
Tubulação Série PBA	1342.67 m	50.00 mm
Tubulação Série PBA	497.33 m	75.00 mm
Tubulação Série PBA	78.50 m	100.00 mm
Tubulação Série PBA	594.05 m	150.00 mm

Figura 7 - Tabela de quantitativo dos materiais – Tubos Rígidos

Fonte: Autores

<Conexões para Água Fria>

A	B	C	D
Quantidade	Sistema	Descrição	Linha
3	Água Fria	Joelho 90° 150mm	Série Normal
1	Água Fria	Joelho 90° 200mm	Série Normal
1	Água Fria	Luva Simples 75mm	Série Normal
5	Água Fria	Luva Simples 100mm	Série Normal
25	Água Fria	Luva Simples 150mm	Série Normal
6	Água Fria	Luva Simples 200mm	Série Normal
3	Água Fria	Tê 100 x 100mm	Série Normal
21	Água Fria	Tê 150 x 150mm	Série Normal
2	Água Fria	Tê 200 x 200mm	Série Normal

Figura 8 - Tabela de quantitativo dos materiais – Conexões

Fonte: Autores

Os dados fornecidos pela modelagem no software Revit, permitiram que todos os materiais para execução do projeto fossem quantificados de forma rápida e precisa. A partir desses dados, foram desenvolvidos o orçamento sintético-analítico (Figuras 9 e 10) e o cronograma físico-financeiro (Figura 11) do projeto, utilizando o software OrçaFascio. É importante ressaltar que na tecnologia BIM, o poder está na

informação. O OrçaFascio disponibiliza vários bancos de dados nacionais e regionais que podem ser acessados simultaneamente, ou seja, apresentam um sistema de dados totalmente integralizado, fazendo, assim, com que o tempo de produtividade e as correções de erros sejam minimizados. Além disso, o OrçaFascio tem como benefício uma ferramenta de integralização com o software da modelagem (Revit) em que todas as informações de quantitativos são atualizadas instantaneamente durante todo o ciclo do projeto.

Obra	Bancos	B.D.I.	Encargos Sociais
USO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	SINAPI - 02/2019 - Rio Grande do Norte SBC - 03/2019 - São Paulo SICRO3 - 07/2018 - Rio Grande do Norte ORSE - 01/2019 - Sergipe	24,31%	Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Planilha Orçamentária Sintética

2.2			CANTEIRO DE OBRAS							7.301,60	1,94 %
2.2.1	73847/002	SINAPI	ALUGUEL CONTAINER/ESCRIT/WC C/1 VASO/1 LAV/1 MIC/4 CHUV LARG =2,20M COMPR=6,20M ALT=2,50M CHAPA ACO NERV TRAPEZ FORROC/ ISOL TERMO-ACUST CHASSIS REFORC PISO COMPENS NAVAL INCL INST ELETR/HIDRO-SANIT EXCL TRANSP/CARGA/DESCARGA	CANT - CANTEIRO DE OBRAS	MES	5	547,91	681,10	3.405,50	0,91 %
2.2.2	73847/003	SINAPI	ALUGUEL CONTAINER/SANIT C/2 VASOS/1 LAVAT/1 MIC/4 CHUV LARG= 2,20M COMPR=6,20M ALT=2,50M CHAPA ACO C/NERV TRAPEZ FORRO C/ ISOLAM TERMO/ACUSTICO CHASSIS REFORC PISO COMPENS NAVAL INCL INST ELETR/HIDR EXCL TRANSP/CARGA/DESCARG	CANT - CANTEIRO DE OBRAS	MES	5	626,84	779,22	3.896,10	1,04 %
3			REDE DE DISTRIBUIÇÃO							216.251,22	57,54 %
3.1			ESCAVAÇÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO							30.932,00	8,23 %
3.1.1	90109	SINAPI	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROF. ATÉ 1,5 M (MÉDIA ENTRE MONTANTE E JUSANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), COM RETROESCAVADEIRA (0,26 M3/88 HP), LARG. DE 0,8 M A 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, EM LOCAIS COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_01/2015	MOVT - MOVIMENTO DE TERRA	m³	1850	9,64	11,98	22.163,00	5,90 %
3.1.2	72898	SINAPI	CARGA E DESCARGA MECANIZADAS DE ENTULHO EM CAMINHAO BASCULANTE 6 M3	MOVT - MOVIMENTO DE TERRA	m³	1850	3,82	4,74	8.769,00	2,33 %

Figura 9 - Planilha Sintética desenvolvida com auxílio do Orçafascio

Fonte: Autores

Obra	Bancos	B.D.I.	Encargos Sociais
USO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	SINAPI - 02/2019 - Rio Grande do Norte SBC - 03/2019 - São Paulo SICRO3 - 07/2018 - Rio Grande do Norte ORSE - 01/2019 - Sergipe	24,31%	Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Planilha Orçamentária Analítica

1			ADMINISTRAÇÃO LOCAL					138.774,75
1.1			PESSOAL					138.774,75
1.1.2	Código	Banco	Descrição	Tipo	Und	Quant.	Valor Unit	Total
Composição	93567	SINAPI	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	MES	1,0000000	16.726,91	16.726,91
Composição Auxiliar	93557	SINAPI	EPI (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - MENSALISTA	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	MES	0,0500000	175,31	8,76
Composição Auxiliar	95417	SINAPI	CURSO DE CAPACITAÇÃO PARA ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO (ENCARGOS COMPLEMENTARES) - MENSALISTA	SEDI - SERVIÇOS DIVERSOS	MES	1,0000000	150,10	150,10
Insumo	00040813	SINAPI	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA PLENO (MENSALISTA)	Mão de Obra	MES	1,0000000	16.494,71	16.494,71
Insumo	00040863	SINAPI	EXAMES - MENSALISTA (COLETADO CAIXA)	Material	MES	1,0000000	63,58	63,58
Insumo	00040864	SINAPI	SEGURO - MENSALISTA (COLETADO CAIXA)	Material	MES	1,0000000	9,76	9,76
				MO sem LS => 16.644,81 Valor do BDI => 4.066,31	LS =>	0,00 Quant. => 5,0000000	MO com LS => 16.644,81 Valor com BDI => 20.793,22 Preço Total =>	103.966,10

Figura 10 - Planilha Analítica desenvolvida com auxílio do *Orçafascio*

Fonte: Autores

Obra	Bancos	B.D.I.	Encargos Sociais
USO DA METODOLOGIA BIM NA CONCEPÇÃO DE PROJETOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	SINAPI - 02/2019 - Rio Grande do Norte SBC - 03/2019 - São Paulo SICRO3 - 07/2018 - Rio Grande do Norte ORSE - 01/2019 -	24,31%	Não Desonerado: embutido nos preços unitário dos insumos de mão de obra, de acordo com as bases.

Cronograma Físico e Financeiro

Item	Descrição	Total Por Etapa	30 DIAS
1	ADMINISTRAÇÃO LOCAL	0,00% 138.774,75	
2	INSTALAÇÃO DA OBRA	0,00% 20.779,04	
3	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	0,00% 216.251,22	
Porcentagem			0,0%
Custo			0,00
Porcentagem Acumulado			0,0%
Custo Acumulado			0,00

Total sem BDI	R$ 302.361,93
Total do BDI	R$ 73.443,08
Total Geral	R$ 375.805,01

lucas.lvf12@hotmail.com
Setor de Engenharia

Figura 11 - Cronograma Físico-Financeiro desenvolvida com auxílio do *Orçafascio*

Fonte: Autores

A fase de planejamento foi realizada de acordo com a ordem dos processos executivos de uma rede de distribuição de água. Com a ferramenta MS Project, foi possível observar todas as tarefas críticas da obra (Figura 12), ou seja, tarefas que caso atrasem impactam diretamente no tempo de finalização do projeto. Além disso, a ferramenta permitiu visualizar as margens de atraso das tarefas não-críticas.

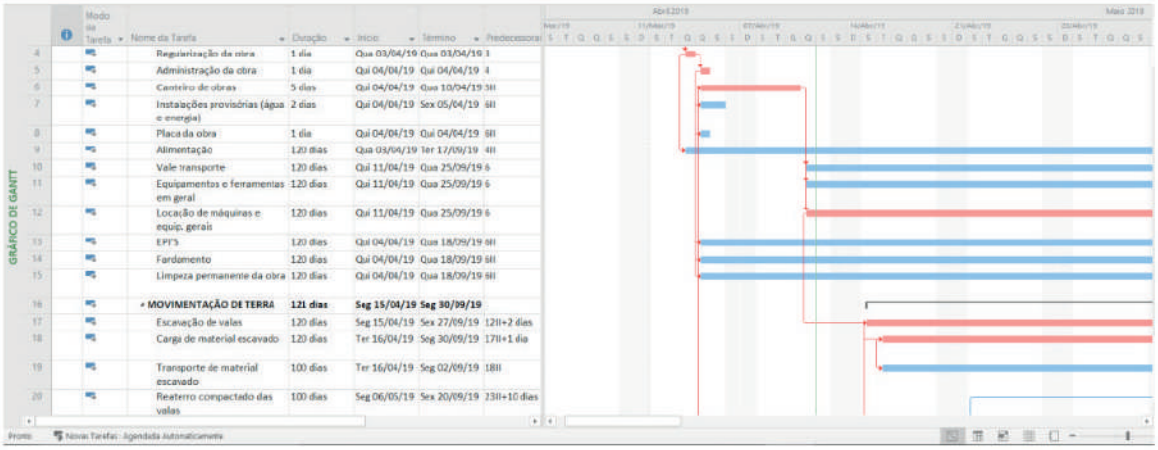


Figura 12 - Gráfico de GANT – Caminho Crítico

Fonte: Autores

Com os resultados obtidos nas cinco etapas do projeto, foi possível pensar em um fluxo de trabalho integrado (Figura 12) que trouxesse uma referência de como pensar o projeto. Este foi o fluxo utilizado, porém outras ideias de coordenação de projeto podem ser desenvolvidas a depender dos recursos e da filosofia de trabalho das equipes.

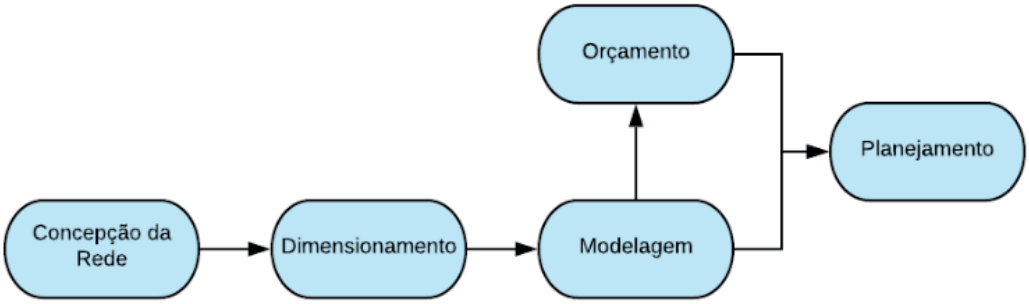


Figura 13 - Fluxo de trabalho

Fonte: Autores

4 I CONCLUSÃO

Com o fluxo de trabalho descrito, é possível observar que a utilização da filosofia BIM nos diversos projetos, entre eles os de infraestrutura de abastecimento de água, pode trazer vários benefícios para todos os envolvidos no contexto de trabalho, pois os projetistas poderão desenvolver estudos com maior qualidade técnica, gerando menor índice de retrabalho. Com isso, os executores, por sua vez, receberão um projeto mais detalhado e com melhores formas de análise, além de poder realizar alterações de maneira simples e, ainda, prever os custos e prazos que as mudanças pensadas irão trazer para a empresa. Em relação aos softwares usados na realização da pesquisa, pode-se dizer que existem muitas ferramentas dentro deles a serem estudadas que possibilitam uma nova visão das informações produzidas para uma melhor gestão e orçamentação do projeto proposto. Importante destacar, também, o benefício social, visto que muitas vezes os projetos de infraestrutura são desenvolvidos para atender às demandas da sociedade e, com procedimentos que trazem melhor qualidade e menor custo, é possível facilitar o acesso a esse tipo de recurso.

REFERÊNCIAS

ANTÔNIO FASCIO. ORÇABIM: **INTEGRAÇÃO COM REVIT PARA ORÇAMENTOS NA TECNOLOGIA BIM. 2019**. Disponível em: <http://blog.orcafascio.com/orcabim/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

ANTÔNIO FASCIO. **PORQUE USAR O ORÇAFASCIO? 2018**. Disponível em: <http://blog.orcafascio.com/porque-usar-o-orcafascio/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 12218/98: **Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

AZEVEDO, O. J. M**. Metodologia BIM: building information modeling na direcção técnica de obras.** Tese de Doutorado, p. 4 – 7, dez. 2009.

CAERN. **Mapa de Natal completo com curvas de nível**. In: IFRN. Disponivel em:< http://docente.

ifrn.edu.br/gildamenezes/> Acesso em: 01 de novembro de 2018.

CREDER, Hélio. **Instalações hidráulicas e sanitárias**. 6ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2006.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **O Projeto na Arquitetura e Engenharia civil e a atuação em equipes multidisciplinares**. Revista Tópos, v. 1, n. 2, p. 11-28, 2007.

FERREIRA, M. **Características do ciclo de vida do projeto** Disponível em<http://theprojectmanangerr.blogspot.com/2016/02/caracteristicas-do-ciclo-de-vida-do.html> Acesso em: 01 de novembro de 2018.

HELLER, L.; DE PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, p. 29 – 34. 2006.

LINO, J. C.; AZENHA, M.; LOURENÇO, P. **Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas**. BE2012-Encontro Nacional Betão Estrutural, p. 2 – 3, out. 2012.

MATIAS, M. R. M. **Aplicação de conceitos Building Information Model (BIM) ao Sistema Light Steel Framing (LSF):** estudo de caso. Tese de Doutorado, p. 39 – 40, mar. 2017.

MOURA, D. G.; BARBOSA, E. F. **Trabalhando com projetos: planejamento e gestão de projetos educacionais.** Editora Vozes Limitada, 2017.

OLIVEIRA, Otávio J.; MELHADO, Silvio Burrattino. **Como administrar empresas de projeto de arquitetura e engenharia civil**. São Paulo: Pini, 2006.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)**. São Paulo: Project Management Inst-id, 2008.

SAÚDE, Ministério da. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento. Brasília** p. 35 – 36. 2007.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de Projetos com o Microsof Project 98**. Rio de Janeiro: BRASPORT Livros e Multimídia, 1998

CAPÍTULO 24

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

Data de aceite: 09/01/2020

Claudio Farias de Almeida Junior
Universidade Federal do Pará – UFPA, Instituto de Geociências.
Belém - Pará

Ronaldo Pimentel Ribeiro
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Instituto de Geociências.
Belém – Pará

Mirian Favacho da Silva Ramos
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Faculdade de Licenciatura Plena em Ciências Naturais – Química.
Barcarena - Pará

Amanda Ingrid da Silva Therezo
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Faculdade de Licenciatura Plena em Ciências Naturais – Química.
Barcarena - Pará

Márcia de Almeida
Universidade Federal do Pará – UFPA, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental.
Tucuruí - Pará

Marcos Antônio Barros dos Santos
Universidade do Estado do Pará – UEPA, Faculdade de Química.
Belém - Pará

RESUMO: O presente estudo verificou a qualidade das águas subterrâneas de oito poços tubulares no bairro Jardim Cabano, localizado na Vila dos Cabanos, município de Barcarena. O principal objetivo desta pesquisa foi analisar as águas subterrâneas desses poços, através de oito parâmetros físico-químicos (pH, sólidos totais dissolvidos, oxigênio dissolvido, cloreto, dureza total, amônia, nitrato e nitrito). Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de potabilidade, segundo a Portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Para interpretação dos resultados foram elaborados 8 gráficos de variação de valores dos parâmetros. Os resultados do pH das águas desses poços foram considerados ácido com média de 4,4, sua dureza total apresentou valor médio de 121,25 mg/L, classificando-as em mole, moderado a dura na composição de $CaCO_3$, quanto aos valores da amônia, três poços apresentaram concentrações elevadas, (P2) com 2,43; (P5) com 1,8 e (P7) com 3,0 mg/L de $N\text{-}NH_3$, ultrapassando os valores máximos permitidos pela lei vigente, que permite no máximo 1,5 mg/L de $N\text{-}NH_3$. Para o nitrato, a média alcançou um valor de 11,625 mg/L de $N\text{-}NO_3$, ficando acima do valor de 10 mg/L, permitido pela Portaria 2.914/2011. Conclui-se que as águas desses oito poços são ligeiramente ácidas, e que os compostos nitrogenados (amônia e nitrato) são os indicativos de contaminação da água subterrânea dos poços analisados, refletindo

as condições higiênico-sanitárias insatisfatórias, que a população do bairro Jardim Cabano o qual a recebem.
PALAVRAS-CHAVE: Águas subterrâneas. Poços. Qualidade das águas.

WATER QUALITY IN THE WELLS OF CABANOS VILLAGE CABANO GARDEN CABANO, CITY OF BARCARENA-PA

ABSTRACT: The present study verified the groundwater quality of eight tubular wells in the Jardim Cabano neighborhood, located in Vila dos Cabanos, Barcarena municipality. The main objective of this research was to analyze the groundwater of these wells through eight physicochemical parameters (pH, total dissolved solids, dissolved oxygen, chloride, total hardness, ammonia, nitrate and nitrite). The results obtained were compared with the potability standards, according to Ministry of Health Ordinance No. 2.914 / 2011. For the interpretation of the results, 8 graphs of variation of the parameter values were prepared. The pH results of the waters of these wells were considered acid with an average of 4.4, their total hardness presented an average value of 121.25 mg / L, classifying them as soft, moderate to hard in the CaCO3 composition, as to ammonia, three wells had high concentrations, (P2) with 2.43; (P5) with 1.8 and (P7) with 3.0 mg / L N-NH3, exceeding the maximum values allowed by the current law, which allows a maximum of 1.5 mg / L N-NH3. For nitrate, the average reached a value of 11.625 mg / L of N-NO3, above the value of 10 mg / L, allowed by Ordinance 2.914 / 2011. It is concluded that the waters of these eight wells are slightly acidic, and that the nitrogenous compounds (ammonia and nitrate) are indicative of groundwater contamination of the analyzed wells, reflecting the unsatisfactory hygienic-sanitary conditions that the population of Jardim Cabano neighborhood which receive it.
KEYWORDS: Groundwater. Wells. Water quality.

1 I INTRODUÇÃO

Esta pesquisa apresenta os resultados preliminares alcançados com o desenvolvimento do projeto de Trabalho de Conclusão de Curso no prelo, intitulado “Qualidade da água dos poços do bairro Jardim Cabano da Vila dos Cabanos, município de Barcarena-PA” desenvolvido no início do 2º semestre de 2017.

A água para consumo humano pode ser obtida de diferentes fontes, sendo uma dessas fontes, o manancial subterrâneo, recurso utilizado por uma ampla parcela da população brasileira. A água subterrânea pode ser captada no aquífero confinado, que se encontra em duas camadas relativamente impermeável, o que dificulta a sua contaminação, ou ser captada no aquífero não confinado ou livre, que fica mais suscetível á contaminação e em função ao baixo custo e facilidade de perfuração de água do aquífero livre, embora vulnerável a contaminação, é a mais frequente utilizada pela população (FOSTER, 1993; ASSIS DA SILVA, 1999).

A pesquisa teve como objetivo avaliar a qualidade das águas de oito poços residenciais do bairro Jardim Cabano, utilizadas para consumo humano, através das análises físico-químicas.

O trabalho de campo foi realizado no inicio do segundo semestre de 2017, iniciando no período de seca na região, foram coletadas oito amostras de águas de poços tubulares, propondo-se avaliar a qualidade dessas águas, através das análises físico-químicas, que foram levadas imendiatamente para o laboratório de Ciências Naturais do campus universitário de Barcarena da Universidade do Estado do Pará, e realizado os procedimentos laboratoriais. Essas análises levaram em consideração, parâmetros físicos-químicos como: pH, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (OD), dureza total, cloreto, amônia, nitrato e nitrito e foram interpretadas e comparadas aos padrões de potabilidade da água, segundo a portaria nº 2.914 de 2011, do Ministério da Saúde.

Os resultados mostraram que as pesquisas através das coletas de dados dos poços tubulares analisados, indicaram um pH altamente ácido e águas contaminadas por componentes nitrogenados (amônia e nitrato).

A contaminação da água pode se dar em função da descontinuidade do fornecimento, da falta de rede de esgoto, da manutenção inadequada da rede e reservatórios, agrotóxicos, aterros sanitários e fossas sépticas que contaminam os lençóis freáticos (SOARES *et al.,* 2002; BETTEGA *et al*., 2006).

2 I MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização da área de estudo

A área de estudo está inserida no município de Barcarena, mais precisamente na Vila dos Cabanos no bairro Jardim Cabano (Figura 1a). O muncípio está localizado a sudoeste da cidade de Belém, cerca de 80 Km diretamente do centro da capital paraense, faz parte da bacia hidrográfica dos rios Guamá e Acará e Baia do Capim. Seu acesso se dá pela alça viária conectando as rodovias estaduais (PA-151 e 483) ou por travessias fluviais (Figura 1b).

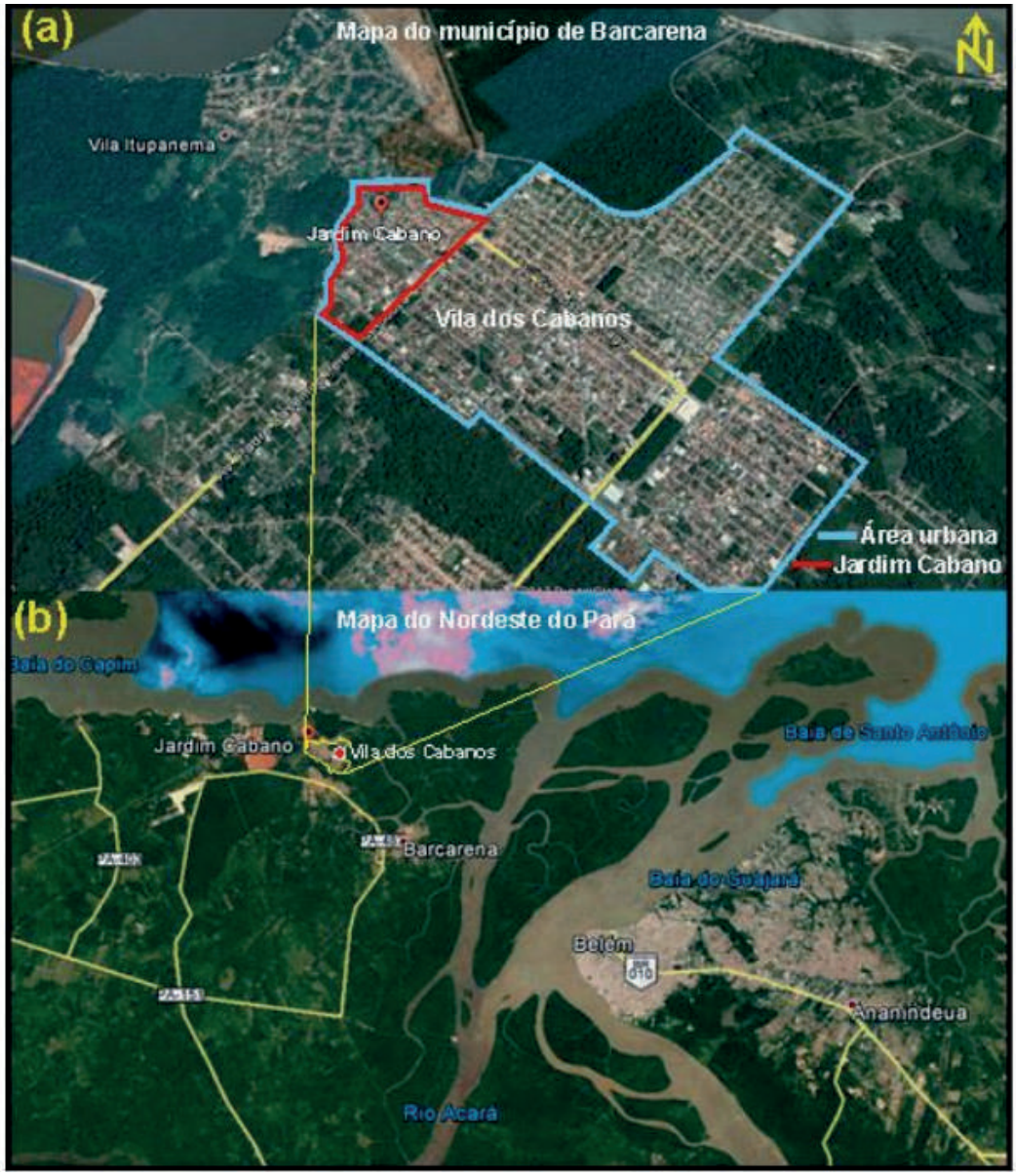


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo – Vila dos Cabanos, Barcarena.

Fonte: Imagem de satélite do Google Earth (2018)/Digital Globe, adaptado.

2.2 Procedimento de campo

Neste procedimento foram feitos os levantamentos de oito poços tubulares. As amostras de água foram coletadas e armazenadas em garrafas de polietileno de 300 ml, devidamente higienizadas e imediatamente encaminhadas para o laboratório de Ciências Naturais do campus universitário de Barcarena/UEPA, para as análises dos parâmetros físico-químicos. As amostras foram identificadas em P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8.

2.3 Procedimento de laboratório

Na etapa laboratorial, foram selecionados dois parâmetros físicos: o potencial hidrogeniônico (pH) e os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) com os seguintes equipamentos específicos: o pH foi determinado com um pH-metro manual digital

de marca INSTRUTHERM PH-1700, equipados com eletrodo duplo de vidro e previamente calibrados com soluções tampões, para a medida do STD foi utilizado o instrumento TDS-3 digital equipados com eletrodo duplo metálico. Para os parâmetros químicos foram analisados o oxigênio dissolvido (OD), a dureza total, o cloreto, a amônia, o nitrato e o nitrito (todos analisados através de Kit para Potabilidade), utilizando os manuais de instruções do kit básico de potabilidade para água doce, seguindo a sua metodologia própria.

Os parâmetros físico-químicos foram analisados e interpretados de acordo com os padrões pré-estabelecidos pela Portaria 2.914 de 2011 do Ministério da Saúde, que estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) pelas águas subterrâneas para consumo humano (BRASIL, 2011).

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análises físico-químicas das *águas subterrâneas*

Nas amostras de águas subterrâneas coletadas de oito poços tubulares da área estuda, analisaram-se os seguintes parâmetros físico-químicos: pH, Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Oxigênio Dissolvido (OD), Cloreto (Cl^-), Dureza total, Amônia (NH_3), Nitrato (NO_3^-) e Nitrito (NO_2^-) (Tabela 1).

Parâmetros	VMP	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	Média
pH	**6,0-9,5**	4,9	5,1	5,0	4,7	3,7	3,9	4,4	4,0	4,4
STD (mg/L)	**1000**	45	46	32	50	71	62	96	86	61
***OD (mg/L)**	*	7	8	11	12	13	14	11	10	10,75
Cloreto (mg/L Cl-)	**250**	40	30	40	50	60	70	90	100	60
Dureza total (mg/L $CaCO_3$)	**500**	10	10	100	30	300	250	70	200	121,25
Amônia (mg/L N-NH_3)	**1,5**	0,61	2,43	0,12	0,30	1,8	0,12	3,0	0,30	1,085
Nitrato (mg/L N-NO_3)	**10**	15	10	10	10	15	10	15	8	11,625
Nitrito (mg/L N-NO_2)	**1,0**	0,5	0,25	0	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5	0,375

Tabela 1 – Resultados das análises físico-químicas dos poços do bairro Jardim Cabano da Vila dos Cabanos, município de Barcarena.

Fonte: Autores (2018).

*OD – Oxigênio Dissolvido - CONAMA nº 357/2005 determina que a água doce seja ≥5,0 mg/L de O_2 (BRASIL, 2005).

Os resultados analíticos foram sistematizados e plotados no programa computacional Grapher versão 9.0, visando uma melhor interpretação dos parâmetros citados, comparando-os com os Valores Máximos Permitidos (VMP) pela portaria

2.914/2011 do Ministério da Saúde que preconiza o consumo humano por águas doces (águas subterrâneas). Esses resultados se encontram associados à figura 2 (a, b, c, d, e, f, g, h).

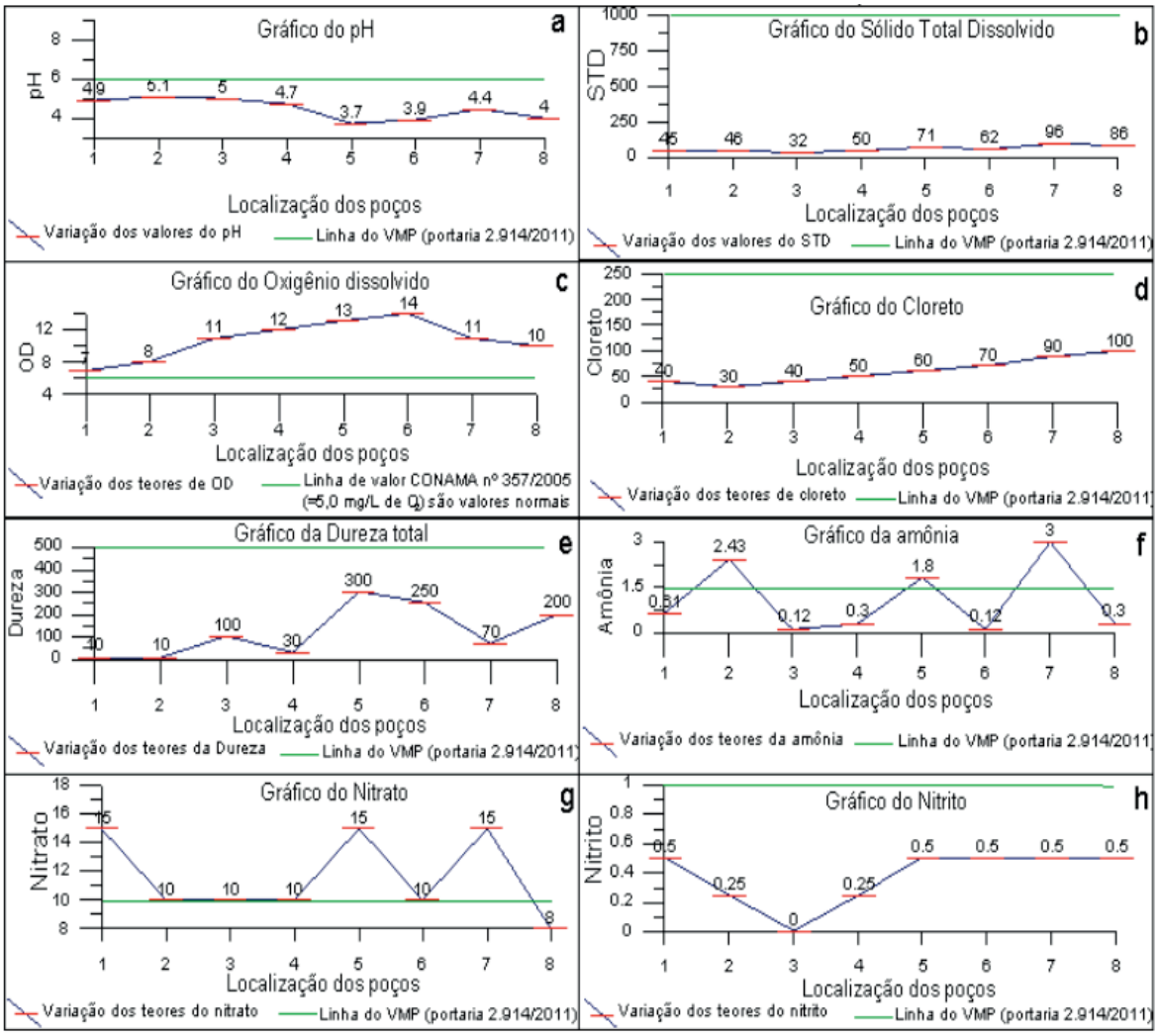


Figura 2 - Gráficos de variações de valores dos parâmetros físico-químicos analisados nas águas subterrâneas do bairro Jardim Cabano, Vila dos Cabanos, município de Barcarena.

Fonte: Autores (2018).

Os resultados de pH apresentam valores com máxima de 5,1 no poço P2 e mínima de 3,7 no poço P5 com média de 4,4, sendo consideradas ácidas, estando em discordância com o padrão de qualidade de águas subterrâneas da Portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde, de potabilidade. A Figura 2a, mostra a linha do valor máximo permitido (VMP), onde se observa que todos os valores estão abaixo do VMP que vai de 6 a 9,5 (Tabela 1), indicando que as amostras analisadas dos 8 poços, encontram-se fora dos padrões pemissíveis pela lei vigente citada, imprópria para consumo humano. O pH ácido propícia a dissolução de acessórios metálicos, podendo alterar o sabor da água original e causar progressivamente doenças gastrointestinais, quando cosumida diariamente.

Segundo BRASIL (2011), os sólidos totais dissovildos (STD), apresentam um

VMP de 1000 mg/L, para consumo humano de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do MS. Os resultados analíticos do gráfico da figura 2b apresentam valores de STD muito abaixo do permitido pela lei vigente com média de 61 mg/L, dessa forma essas águas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade. Embora os sólidos totais dissolvido possam ser de origem natural, estes em suspensão podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos.

As análises das águas subterrâneas dos oito poços do bairro Jardim Cabano apresentaram valor médio de 10,75 mg/L de oxigênio dissolvido (O_2), acima do padrão de aceitação para consumo humano sem tratamento prévio, conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005 determina que a água doce (água subterrânea) seja ≥5,0 mg/L de O_2 (BRASIL, 2005), observado na figura 2c.

Em relação às propriedades organolépticas de potabilidade dos oitos poços pesquisados, tanto os valores do cloreto, como de dureza total de todas as amostras analisadas estão dentro dos limites estabelecidos pelo Ministério da Saúde, conforme Portaria nº 2.914/2011.

Os resultados do cloreto mostraram uma média de 60 mg/L de Cl^- com uma concentração maior no poço (P8) com teor de 100 mg/L de Cl^-, nota-se que a variância da linha do cloreto aumenta progressivamente em relação aos poços (P2) e (P8), esses aumentos de concentração possam estar relacionados com a atividade antrópica, vindo especialmente dos esgotos domésticos e fossas sépticas (Figura 2d). Com relação a dureza total das águas analisadas, se observou que as maiores concentrações de $CaCO_3$ encontram-se nos poços (P5), (P6) e (P8) com teores de 300, 250 e 200 mg/L de $CaCO_3$, respectivamente, bem próximo aos valores máximos permitidos pela lei vigente citada (Figura 2e).

De acordo com Richter (2009), as águas podem ser classificadas em termos do grau de dureza: mole (< 50); moderada (50-150); dura (150-300) e muito dura (>300).

Neste contexto as águas dos poços analisados classificam-se em mole representado pelos poços (P1), (P2) e (P4), moderada encontrados nos poços (P3) e (P7) e dura caracterizado pelos poços (P5), (P6) e (P8), esta variação de classificação da dureza da água, possa estar relacionada com os efluentes despejados por esgotos domésticos no solo, saturando a água subterrânea de cálcio e magnésio.

Os compostos nitrogenados como amônia ($N\text{-}NH_3$), nitrato ($N\text{-}NO_3$) e nitrito ($N\text{-}NO_2$), mostram as surgências em questão das águas subterrâneas do bairro Jardim Cabano da Vila dos Cabanos. Nos resultados analíticos para amônia e nitrato, foram constato três poços que se encontram acima da linha dos VMP observado na figura 2f, o poço (P2) apresentou teor de 2,43 mg/L, (P5) com 1,8 mg/L e (P7) com 3,0 mg/L de NH_3, sendo este último dobrando o valor máximo permitido pela portaria 2.914/2011, que determina até 1,5 mg/L de NH_3 para consumo humano. Para o

nitrato os poços P1, P5 e P7 obtiveram valores de 15,0 mg/L de NO_3, acima da linha do VMP da portaria vigente, que preconiza até 10,0 mg/L de NO_3 para consumo humano (Figura 2g). Quanto ao nitrito todos os valores encontram-se abaixo da linha dos VMP que determinar até 1,0 mg/L de NO_2, neste caso as águas dos oito poços analisados encontram-se dentro dos padrões de potabilidade, segundo a lei vigente citada (Figura 2h).

Os resultados para amônia e nitrato, revelaram que há uma similaridade nos poços P5 e P7, que constaram alto terores de concentrações desses parâmetros, portanto ambos estão relacionados, tanto as causas naturais, como o mau uso do solo, em decorrência das atividades antropogênicas, como contaminação por esgotos domésticos e fossas sépticas. A presença dos compostos nitrogenados nos seus diferentes estados de oxidação é indicativo de contaminação da água subterrânea e de possíveis condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.

O nitrato em excesso provoca dois efeitos adversos à saúde, quais sejam, a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças e, a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas, ambas carcinogênicas (SCORSAFAVA *et al.*, 2010; NASCIMENTO e BARBOSA, 2005). Por isso, apesar do valor máximo permitido estabelecido pela Portaria n° 2.914/2011 do Ministério da Saúde ser de 10 mg/L N-NO_3 na água potável, valores superiores a 3 mg/L já considerado que a fonte de água está sendo contaminada (CORDEIRO *et al.*, 2011).

4 I CONCLUSÕES

De acordo com os resultados encontrados, pode-se concluir que a qualidade da água subterrânea dos oito poços analisados do bairro Jardim Cabano, Vila dos Cabanos/Barcarena-PA, apresentaram impróprias para consumo no parâmetro pH que apresentou valores inferiores a 6,0 que é o mínimo permitido pela portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde para consumo humano, tendo uma média de 4,4, considerado uma água ligeiramente ácida, podendo gerar futuramente comprometimento a saúde de quem a consomem.

Nos parâmetros nitrogenados revelaram que 37,5% das amostras analisadas apresentaram teores de amônia superiores a 1,5 mg/L de NH_3, com maior concetração no poço P7 (3,0 mg/L de NH_3), já o nitrato apresentou média de 11,625 mg/L de NO_3, de acordo com a portaria 2.914/2011 o valor máximo permitido é de 10 mg/L de NO_3. Portanto, este percentual configura contaminação nos poços (P1, P2, P5 e P7), provenientes de agentes antrópicos, seja ela por esgotos domésticos ou por fossas sépticas.

Vale ressaltar que, o poço P5 foi o mais anômolo dos oito poços analisados, obtendo águas com pH mais ácido (3,7); grau de dureza dura (300 mg/L de $CaCO_3$);

nitrato com 15 mg/L de NO_3 e nitrito com 0,5 mg/L de NO_2.

REFERÊNCIAS

ASSIS DA SILVA, R.C. **Abrindo mão do direito ao consumo de água tratada:** Feira de Santana – BA. Monografia (Especialização em Direito Sanitário) - Universidade Estadual de feira de Santana, Departamento de Saúde, Feira de Santana/BA. 1999.

BETTEGA, J.M.P.R.; MACHADO, M.R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C.A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 30, n. 5, p. 950-954. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n° 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/ prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 17 de outubro de 2017.

BRASIL. Ministério da saúde. **Resolução nº 357 de 17/03/2005**. Brasília, Conselho Nacional Meio Ambiente (CONAMA). Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acessado em 9 de abril de 2017.

CORDEIRO, M. R.; RODRIGUES, S. M.; SOUZA, P. R. N.; FERREIRA, M. I. P. Avaliação da contaminação de efluentes domésticos em poços sobre área de restinga. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego,** Campos dos Goytacazes, v. 5, n. 1, p.89-102, 2011.

FOSTER, S. **Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas**: Um método baseado em dados existentes. São Paulo: Instituto Geográfico. 1993.

NASCIMENTO, S.; BARBOSA, J. S. F. Qualidade da água do aquífero freático no alto cristalino de salvador, Bacia do Rio Lucaia, Salvador, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 35, n. 4, p.543-550, 2005.

RICHTER, C. A. Água: métodos e tecnologia de tratamento. Editora Blucher/Hemfibra. São Paulo -SP. 340 p. 2009.

SCORSAFAVA, M. A.; SOUZA, A.; STOFER, M.; NUNES, C. A.; MILANEZ, T. V. Avaliação físico-química da qualidade de água de poços e minas destinada ao consumo humano. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v.69, n. 2, p.229-232, 2010.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S.; NETTO, O. M. C. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Revista Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 6, p. 1713-1724, nov./dez. 2002.

CAPÍTULO 25

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

Data de aceite: 09/01/2020

Karlos Eduardo Arcanjo da Cruz
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Engenharia Elétrica
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)

Paulo César Nunes Pinho
Universidade Federal do Ceará (UFC), Geologia
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)

José Antônio Charão Cunha
Instituto Federal de Pernambuco (IFPE), Eletrotécnica
Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Luis Henrique Pereira da Silva
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Engenharia Elétrica
Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa)

RESUMO: Esse trabalho apresenta um estudo de caso numa bateria de poços situada localidade de Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco. No qual houve um monitoramento do consumo específico, no qual foi feito uma intervenção para tentar recuperar a eficiência energética dos poços. Desse modo, foi analisado os dados antes e após a substituição de equipamentos e limpeza de poços realizado no Vale do Catimbau, Pernambuco, o que permitiu o acompanhamento da vazão e da eficiência energética, considerando o consumo específico como uma *proxy* para ela. Verificou-se que, após a substituição do equipamento, bem como da limpeza do poço, houve recuperação da eficiência energética.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência Energética, Consumo Específico, Limpeza de Poços

ENERGY EFFICIENCY RECOVERY IN DEEP TUBULAR WELLS: THE CATIMBAU VALLEY CASE

ABSTRACT: This paper presents a case study in a well battery located in Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco. In which there was a specific consumption monitoring, an intervention was made to try to recover the energy efficiency of the wells. Thus, data were analyzed before and after the replacement of equipment and well cleaning performed in the Catimbau Valley, Pernambuco, which allowed the monitoring of flow and energy efficiency, considering specific consumption as a proxy for it. It was found that after the equipment replacement, as well as the well cleaning, the energy efficiency recovered.

KEYORDS: Energy Efficiency, Specific Consumption, Well Cleaning

1 I INTRODUÇÃO

Poços Tubulares Profundos (PTPs) são dutos em que a perfuração é feita por máquinas perfuratrizes, eles normalmente possuem revestimento de PVC ou ferro. Uma das principais maneiras de se captar água deles é por meio de instalação de conjunto motor-bomba centrífuga submersa (CMBCS) associado ao tubo edutor por onde haverá o transporte da água à superfície. Esses poços podem ultrapassar 1.000 metros de profundidade, a depender do tipo de rocha e aquífero (CPRM, 1998).

Segundo Cardoso *et al.* (2008), estimava-se que havia 416.000 poços perfurados no Brasil em 2008, dos quais aproximadamente 85% estavam em operação. Sabe-se que a água captada deles tem diversos usos dentre as quais pode-se destacar: abastecimento humano, irrigação, indústria e comércio.

Esses poços apresentam no decorrer do tempo problemas que podem prejudicar a sua eficiência, como a obstrução da secção filtrante, que provoca o rebaixamento do nível dinâmico. Isso pode ser decorrente do acúmulo de materiais como argila ou silte, subprodutos da corrosão, ou mesmo oriundos do metabolismo bacteriano (Orsati et al., 1997).

Esse rebaixamento se reflete num acréscimo da potência hidráulica requerida para atingir a mesma vazão, dessa forma, ocorre redução da eficiência energética.

Outro problema recorrente em poços, é a queda de produção, que pode ser oriunda de diversos motivos, dos quais se destaca: a interferência de poços vizinhos, taxa de exploração superior à taxa de recarga do aquífero, obstrução da seção filtrante (Orsati et al., 1997), ou perda de rendimento do equipamento eletromecânico – conjunto motor-bomba centrífugo submerso (CMBCS).

No caso da queda de vazão, o tratamento ocorre por eliminação. Deve-se identificar a necessidade de: realizar limpeza no poço – obstrução da secção filtrante; necessidade de substituição ou manutenção no CMBCS – queda de rendimento do equipamento; ou teste de vazão – mudança nas características do aquífero ou do poço.

Em caso de não ser possível a recuperação do poço às suas características originais, é necessário redimensionar um novo CMBCS para garantir que o equipamento trabalhe no ponto ótimo de operação.

Segundo a NBR ISSO 50001 (2018), eficiência energética é o *quantum* da relação entre uma saída de desempenho e uma entrada de energia. Portanto, o consumo específico, que relaciona quantidade de energia consumida (kw) com a quantidade de metros cúbicos de água fornecido, é um bom indicador para a eficiência energética do sistema.

Esse trabalho apresenta um estudo de caso numa bateria de poços situada localidade de Vale do Catimbau, Buíque, Pernambuco. No qual houve um

monitoramento do consumo específico seguinda de intervenção para tentar recuperar a eficiência energética dos poços.

Verificou-se que, após a substituição do equipamento, bem como da limpeza do poço, houve recuperação da eficiência energética.

LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO AQUÍFERO

A área estudada é localizada no município de Buíque na mesorregião do Agreste Pernambucano, onde a sede municipal dista 285 km da capital, Recife, O acesso pode ser feio pela BR-232 até Arcoverde e, deste ponto, mais 25 km pela PE-270 até da cidade de Buíque. Então, segue-se mais 11 km até a localidade de Catimbau.

Os poços tubulares profundos estão localizados no extremo leste da Bacia Jatobá, inseridos no sistema aquífero das formações Inajá e Tacaratu, situados na região Centro-Sul do estado de Pernambuco. A Formação Tacaratu é composto essencialmente por arenitos, conglomerados polimítico e arcóseos finos a conglomeráticos (Caixeta et al.,1994). Para, Costa e al. (2003), a Formação Inajá é constituída por arenitos finos a grossos e cauliníticos e mais estratificação cruzada por pelíticas.

O conjunto de poços objeto de estudo é composto por três poços, conforme pode ser verificado na Figura 1, em que o poço 01 possui 134m, com profundidade de instalação entre 110m e 113m, vazão de exploração de 14,65 m3/h. O poço 02 possui 155m, com profundidade de instalação entre 105 e 113 m e vazão de exploração de 12,85m3/h Por fim, o poço 03 possui 149 m de profundidade útil, com profundidade de instalação entre 107 e 123 m e vazão de exploração de 12,10m3/h.



Figura 1 – Poços de Vale do Catimbaú

Fonte: *google maps*

METODOLOGIA

O estudo foi realizado por etapas, seguindo um fluxo para permitir a posterior avaliação, a saber:

b) Aquisição de dados
c) Substituição do CMBCS
d) Perfilagem Ótica
e) Limpeza
f) Perfilagem Ótica
g) Aquisição de dados

Observa-se etapas do processo que se referem a aquisição de informações se repetem para poder garantir a eficácia dos resultados. A metodologia utilizada em cada uma das etapas é explanada nos subitens deste tópico.

3.1 Aquisição de dados

Os dados definidos para serem analisados no processo são vazão (m^3/h), pressão (m.c.a.) – variáveis hidráulicas, e consumo de energia elétrica (kWh). O período de aquisição dos dados foi de maio de 2016 a abril de 2018.

Para a aquisição das variáveis hidráulicas foi utilizado uma equipe de "pitometria", a qual tem o objetivo de fazer visitas periódicas às unidades para mensurar com o uso de equipamento que afere pressão e utilizando-se do princípio do tubo *pitot* obtém a velocidade.

Enquanto que, para a aquisição de consumo de energia elétrica, foi utilizado o consumo de energia calculado com base no medidor de energia elétrica da concessionária.

Com os dados de vazão de consumo, foi possível aferir o consumo específico (CE) segundo a equação 01, que relaciona a quantidade de energia consumida (C), com o produto obtido, que é a quantidade de água produzida (Q).

$$CE\ (kWh/m^3) = \frac{C}{Q.24.30} \qquad (01)_$$

3.2 Substituição de CMBCS

A opção por substituir o equipamento pode advir de alguns elementos decisores, como queda de vazão, oportunidade de troca, manutenção preventiva e queda de rendimento. No caso específico do estudo, em todas as unidades houve substituição.

Para a desmontagem da tubulação edutora, foi utilizado caminhão guindaste do tipo "munk", acompanhado por mecânicos, eletricista e ajudantes para o içamento e alojamento da tubulação, bem como a remoção do equipamento e substituição pelo novo, com o pressuposto de manter a mesma curva de performance.

3.3 Perfilagem Ótica

Importante ferramenta para identificação da situação do poço tubular, seu revestimento e secção filtrante. A perfilagem ótica, neste caso, foi realizada com o uso de equipamento com o princípio de introduzir no poço tubular profundo uma câmera digital a cores, preparada para as características da atividade fim, com visada de fundo, lateral e iluminação própria, com o intuito de identificar a real situação no interior dos poços.

Destaque-se que neste estudo, define-se pontos críticos para análise ex-post, os quais são utilizados para ratificar a eficiência da limpeza, do ponto de vista de melhoria da secção filtrante.

3.4 Limpeza

No processo de limpeza foram usados métodos mecânicos e químicos. A técnica mecânica foi através de escovação, jateamento e Air Lift. Já, no processo com produtos químicos, foram seguidos os procedimentos do fabricante, como a dosagem, tempo de contato do produto e o completo descarte da substância.

Para isso, foi utilizado equipamento específico para a atividade, que possui compressor e torre de elevação com capacidade de sustentação até 100m, o que permitiu a correta execução, para a mistura foi utilizado um motor com haste rotativa e recipiente adequado ao serviço.

8 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira atividade a se destacar ocorreu entre 24 e 26 de janeiro de 2018, quando foram substituídos os equipamentos CMBCS dos três poços, por outros com as mesmas configurações operacionais, mantendo a coluna edutora e demais equipamentos de adução sem alteração. Neste serviço, destaca-se o empenho dos profissionais, nas quais já foi identificado no próprio equipamento removido a necessidade de limpeza, conforme pode ser visualizado na Figura 02.

Nela, observa-se que o equipamento removido estava impregnado de material, no caso, carbonato de cálcio oriundo da formação do aquífero.



Figura 02 – Equipamento CMBCS removido do poço 01

Fonte: do autor

No período de 21 a 28 de março de 2018, foi realizada a desmontagem da coluna edutora dos três (**03)** poços utilizando caminhão do tipo guindaste, seguida de perfilagem ótica. Por meio disso, constatou-se a necessidade de limpeza nos poços 01 e 03, os quais apresentavam filtros altamente comprometidos com a concentração de substâncias conforme pode ser verificado na Figuras 03.

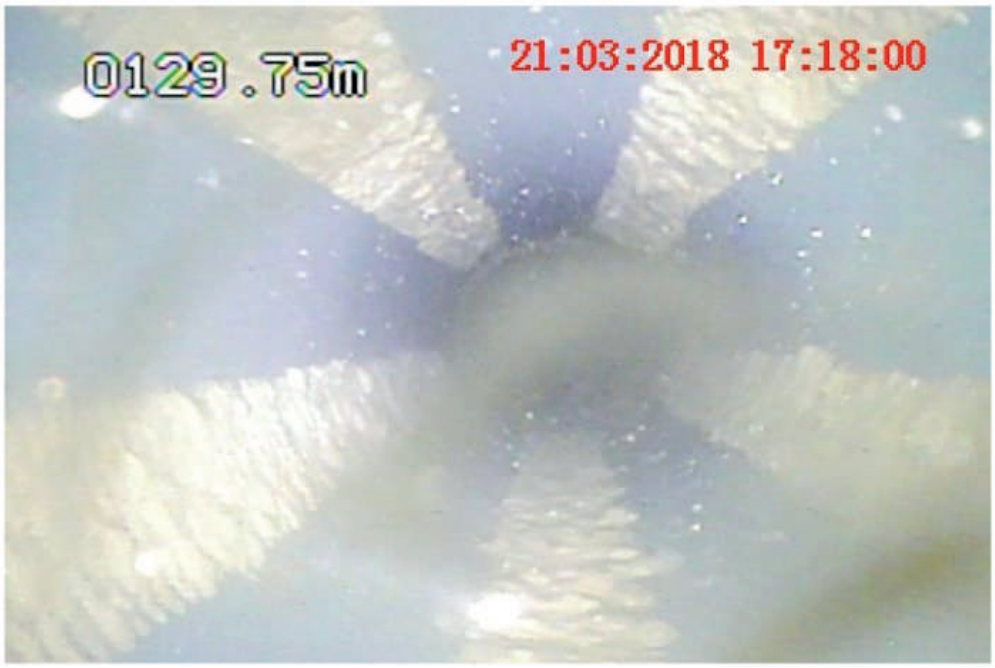


Figura 03 – Filtros obstruídos no poço 01

Após a identificação do problema nos poços P01 e P03, foi feito a limpeza utilizando-se de desincrustante, dispersante e bactericida. Para essa atividade foi utilizado um equipamento específico de limpeza (Figura 04) que permite o uso de compressor e escovas, de forma que a limpeza se torne mais eficiente.



Figura 04 – Equipamento de limpeza realizando o descarte do material utilizado

Após a realização da limpeza e desobstrução dos filtros nos poços P.01 e P03, foi realizada uma nova perfilagem ótica com intuito de constatar por meio de inspeção visual a melhoria, o que foi ratificado nos diversos pontos de verificação estabelecidos, como na Figura 05, que é notória a melhoria entre as imagens antes e depois.

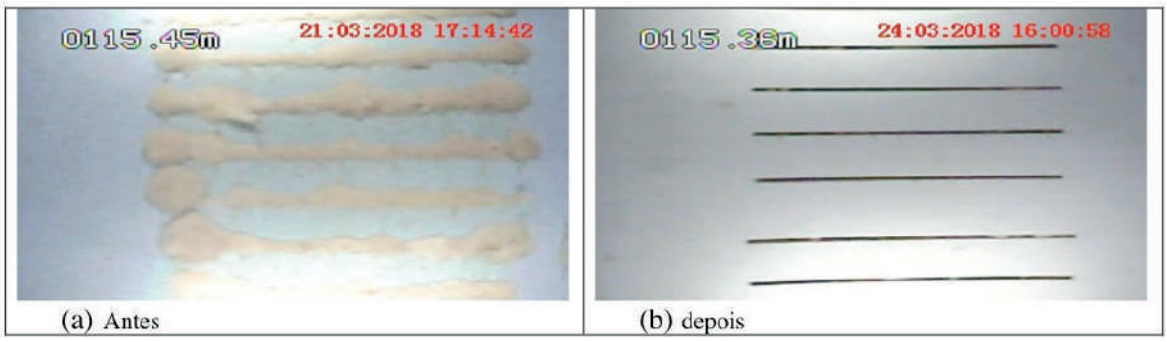


Figura 5 – Situação dos filtros do poço 01 antes e após a limpeza

Aquisição de dados

Foram obtidas as variáveis hidráulicas antes e após os eventos, de forma que foi possível observar o comportamento da vazão ao longo do tempo. Na Figura 6, é apresentado o histórico de vazão (m^3/h) dos poços. Verifica-se que há um decaimento natural da vazão no decorrer do tempo, mas após a intervenção em janeiro houve uma recuperação de vazão, o que era esperado visto que tais equipamentos tendem a reduzir sua eficiência dados os desgastes mecânicos.

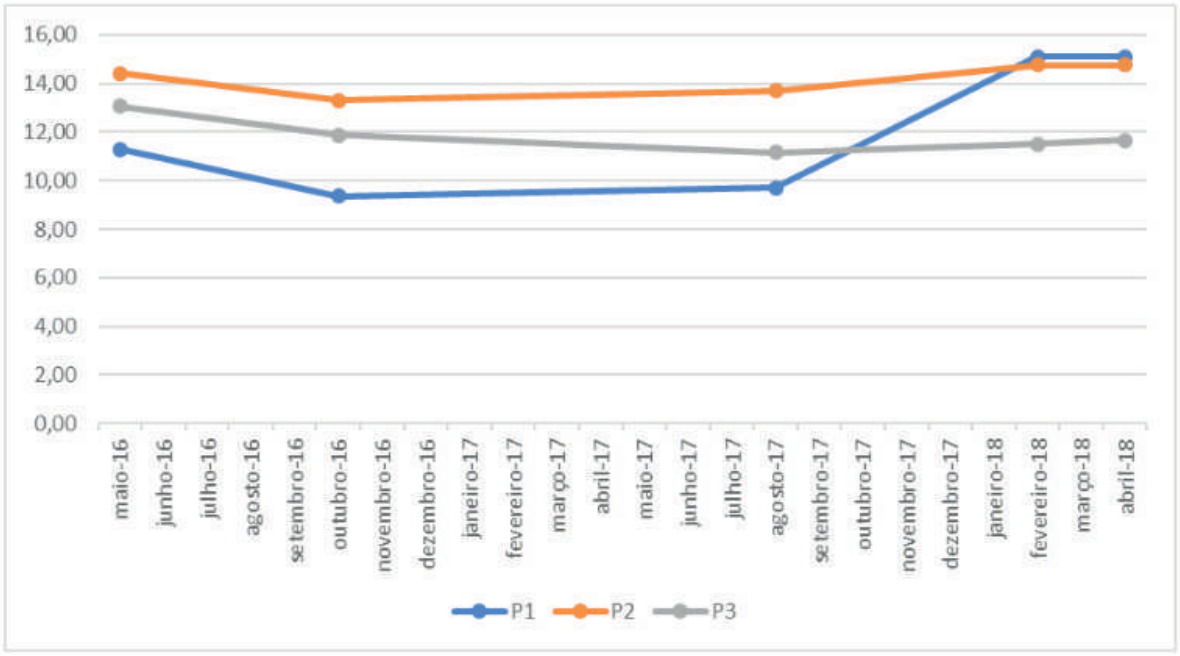


Figura 06 – Histórico de Vazão dos poços

Na figura 5, apresenta-se o consumo específico dos poços e por ele verifica-se que a eficiência energética foi decaindo. No entanto, após a substituição, dois poços

tiveram uma melhora significativa, P1, que atenuou de 0,8 kW/m³ para 0,50 kW/m³, enquanto que P2 foi de 0,47 kW/m³ para 0,45 kW/m³. No entanto, para o terceiro houve piora, pois regrediu de 0,62 para 0,72.

Nota-se, porém, que após a limpeza os poços P1 e P3, tiveram melhoria de *performance*, visto que o **CE** atenuou, em P1, de 0,50 kW/m³ para 0,47 kW/m³ e, no outro, 0,72 kW/m³ para 0,66 kW/m³. O poço P2, que não foi feito limpeza, regrediu em eficiência saiu de 0,45 kW/m³ para 0,47 kW/m³.

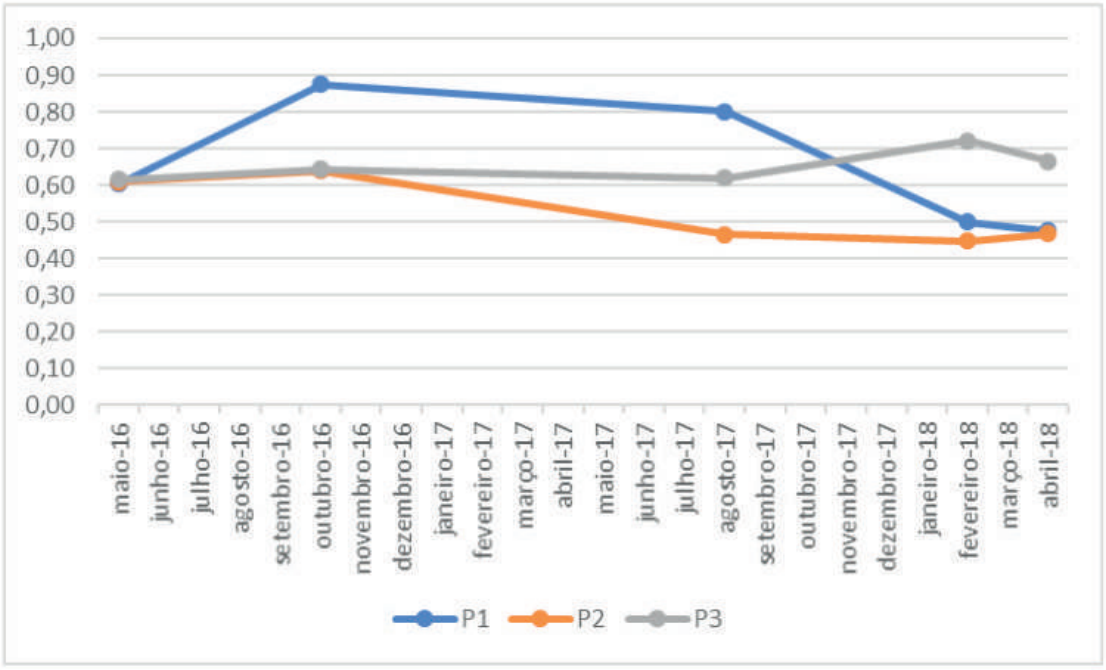


Figura 6 – Histórico de consumo específico (CE) (kW/m3)

Com isso, observou-se que tanto a substituição do equipamento já desgastado por novos apresentaram um ganho na vazão e eficiência, quanto a limpeza. Destaca-se que apenas o poço que não foi feito limpeza apresentou um incremento no consumo específico, de forma que talvez apenas a perfilagem ótica não seja suficiente para identificar a real necessidade de limpeza.

9 I CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou os resultados de substituição de equipamentos e limpeza de poços realizado no Vale do Catimbau, Pernambuco, durante o processo houve a aquisição de dados *ex-ante* e *ex-post*, o que permitiu o acompanhamento da vazão dos poços e da sua eficiência energética, considerando o consumo específico como uma *proxy* para ela.

O acompanhamento dos dados permitiu verificar uma melhora significativa na vazão de explotação dos poços após a substituição, bem como, do consumo específico, o que aponta para a importância de manutenção preventiva nos CMBCS.

Outrossim, verificou-se que após a limpeza do poço, houve melhora também na eficiência energética dos poços.

Para trabalhos futuros é interessante fazer limpeza no poço, o qual não foi efetuada, com fins de verificar se mesmo não sendo visível, por perfilagem ótica, a obstrução dos filtros, com a limpeza há ganhos na eficiência.

Ressalte-se a importância de se melhorar a aquisição de dados, visto que já há instrumentos que permitem a mensuração e vazão quase que simultânea sem a necessidade de visita rotineiras de equipe.

Em trabalhos futuros, é interessante compara o ganho obtido com as atividades realizadas com os custos com deslocamentos de equipes, material de limpeza, depreciação de equipamentos e combustíveis.

De qualquer modo, o fato de aumentar recuperação da vazão dos poços já é considerado extremamente importante para uma região que carece de água potável.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 50001:2011: Sistemas de gestão de energia – requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro: 2018.

Caixeta, J. M.: Bueno, G.V.; Magnavita, L. P.: Feijó, F.J. 1994. Bacias de Recôncavo, Tucano e Jatobá. Boletim de Geociências da Petrobras, v. 8, n. 1, p. 163-172.

Costa, i. P.; MILHOMEM, P .S.; Carvalho M. S. S. Bacias Sedimentares Brasileiras: Bacia de Jatobá. Fundação Paleontológica Phoenix, v. 5, n.53, 2003

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Ações emergências de combate aos efeitos da seca. Cartilha: Noções Básicas de Poços Tubulares Profundos, 1998.

Cardoso, F. B. F.; Oliveira, F. R.; Nascimento, F. S.; Varella Neto, P. L.; Flores, P. M. Poços Tubulares Construídos no Brasil. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal, 2008.

ORSATI, W. A.; CASSIANO FILHO, A.; BIANCHI NETO, C. Manutenção de poços tubulares profundos. Anais do X Encontro Nacional de Perfuradores de Poços. X Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 1997.

CAPÍTULO 26

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

Data de aceite: 09/01/2020

Cristiane da Costa Gonçalves de Andrade
Supervisora de Relação Porto Cidade e Meio Ambiente da Companhia Docas do Pará.
Belém – PA

Andrelle Soares Dantas Faria
Universidade Federal do Pará.
Belém – PA

Paula Danielly Belmont Coelho
Universidade Federal do Pará.
Belém – PA

RESUMO: O presente trabalho visa identificar e apresentar os benefícios ambientais e sociais de um dos programas sociais desenvolvidos pela Companhia Docas do Pará – CDP em parceria com a Fundação Esperança, denominado Programa de Educação Ambiental para Todos – PEAT. Este é um projeto desenvolvido no Porto de Santarém, no município de Santarém/PA, voltado para os funcionários, passageiros do porto e comunidade circunvizinha. A metodologia adotada para a realização desta pesquisa consistiu em 2 etapas distintas: na primeira etapa foi realizada a pesquisa bibliográfica e documental com o objetivo de alcançar informações gerais sobre a cidade de Santarém e o referido Porto, bem como análise dos Relatórios Anuais do Projeto PEAT no período de 2009 a 2017. Na segunda etapa foram tabulados todos os dados de resultados alcançados com a implementação dos programas do projeto, identificando os benefícios promovidos pelo mesmo para o Porto de Santarém e para a população de local. Com este projeto visando a melhora da qualidade de vida da população através da conservação do meio ambiente, pôde-se comprovar por meio dos relatórios anuais analisados que o objetivo do programa vem sendo alcançado, beneficiando o meio ambiente, o público alvo do projeto, os estudantes e profissionais responsáveis pela execução das atividades, além da própria CDP, que vem crescendo e sendo reconhecida por esse trabalho realizado. O maior reconhecimento veio da Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ, que mostrou interesse nos resultados que têm sido atingidos oferecendo auxílios para a expansão do projeto tendendo aumentar a população atingida pelo PEAT.

PALAVRAS-CHAVE: Educação Ambiental; Zonas Portuárias; Sustentabilidade; Responsabilidade social.

SOCIAL RESPONSIBILITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: ACTIONS THAT MADE A DIFFERENCE IN COMPANHIA DOCAS DO PARÁ/SANTARÉM PORT – PARÁ - AMAZON

ABSTRACT: This paper aims to identify and present the environmental and social benefits of one of the social programs developed by Companhia Docas do Pará - CDP in partnership with Fundação Esperança, called Environmental Education for All Program – PEAT. This is a project developed at the Port of Santarém, in the municipality of Santarém/PA, aimed at employees, port passengers and surrounding community. The methodology adopted for this research consisted of 2 distinct steps: In the first stage, a bibliographic and documentary research was carried out in order to reach general information about the city of Santarém and the referred port, as well as analysis of the Annual Reports of the PEAT Project from 2009 to 2017. In the second stage, all results data obtained with the implementation of the project programs were tabulated, identifying the benefits promoted by it for the Port of Santarém and for the local population. With this project aimed at improving the population's quality of life through conservation of the environment, it was possible to prove through the annual reports analyzed that the program objective has been achieved, benefiting the environment, the project's target audience, the students and professionals responsible for carrying out the activities, as well as the CDP itself, which has been growing and being recognized for this work. The greatest recognition came from the National Waterway Transportation Agency - ANTAQ, which showed interest in the results that have been achieved by offering aid for the expansion of the project tending to increase the population affected by PEAT.
KEYWORDS: Environmental education; Port Zones; Sustainability; Social responsibility.

1 I INTRODUÇÃO

Santarém é uma das cidades mais antigas da região amazônica, o 3º município mais populoso do estado do Pará, o 7º de toda a região Norte e o 83º do Brasil. Seu Produto Interno Bruto (PIB) está ligado principalmente ao setor de serviços e comércio, mas também ao extrativismo e à indústria. É o sétimo município com maior PIB do estado. Santarém é cercado pelo rio Tapajós, com vista para uma das mais belas paisagens da região amazônica: o encontro das águas límpidas do Tapajós com as águas turvas do rio Amazonas (PMS, 2017). Conforme o IBGE (2017), o município de Santarém possui área territorial de 17.898,389 km² e uma população estimada de 296.302 habitantes.

O Porto de Santarém começou a ser construído no início da década de 70 e foi entregue oficialmente à administração da Companhia Docas do Pará – CDP em 1974, através do antigo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis – DNPVN do Ministério de Viação e Obras Públicas (PDZ, 2017).

A responsabilidade socioambiental sempre foi um ponto de destaque do Porto de Santarém, retratando o compromisso com o meio ambiente e com a sociedade.

> O compromisso das empresas de contribuir para o desenvolvimento econômico sustentável, trabalhando com os empregados, com as famílias, com a comunidade local e com a sociedade em geral para melhorar a qualidade de vida, assim os assuntos ambientais são parte da responsabilidade social das empresas (HOLLIDAY 2002, p.142).

A Companhia Docas do Pará – CDP, com foco no desenvolvimento sustentável, elaborou o Programa de Gerenciamento de Resíduos – PGRS, que norteia ações de coleta seletiva, reciclagem e destino final adequado aos resíduos gerados ou recebidos no Porto de Santarém.

A CDP, por meio das parcerias com instituições de ensino e a Prefeitura Municipal de Santarém, mantem dois projetos de responsabilidade socioambiental para a comunidade local, sendo este o objeto da presente pesquisa, o Projeto Educação Ambiental para Todos – PEAT.

O objetivo desta pesquisa é identificar os benefícios ambientais proporcionados pelo Projeto Educação Ambiental para Todos desenvolvido a mais de 10 anos no Porto de Santarém, uma parceria que deu certo entre a Companhia Docas do Pará e a Fundação Esperança.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

O Porto de Santarém está localizado na margem direita do rio Tapajós, à aproximadamente 3 km da confluência com o rio Amazonas, na localidade conhecida como Ponta da Caieira, área ligeiramente a montante da cidade de Santarém, precisamente na Av. Cuiabá, s/nº - Bairro Vera Paz Santarém/Pará – CEP: 68.040-4000. Em frente ao porto, se visualiza a Ponta Negra, que delimita a barra do rio Tapajós, pela margem esquerda. O Porto é naturalmente abrigado, praticamente isento de ventos fortes (PDZ, 2107).

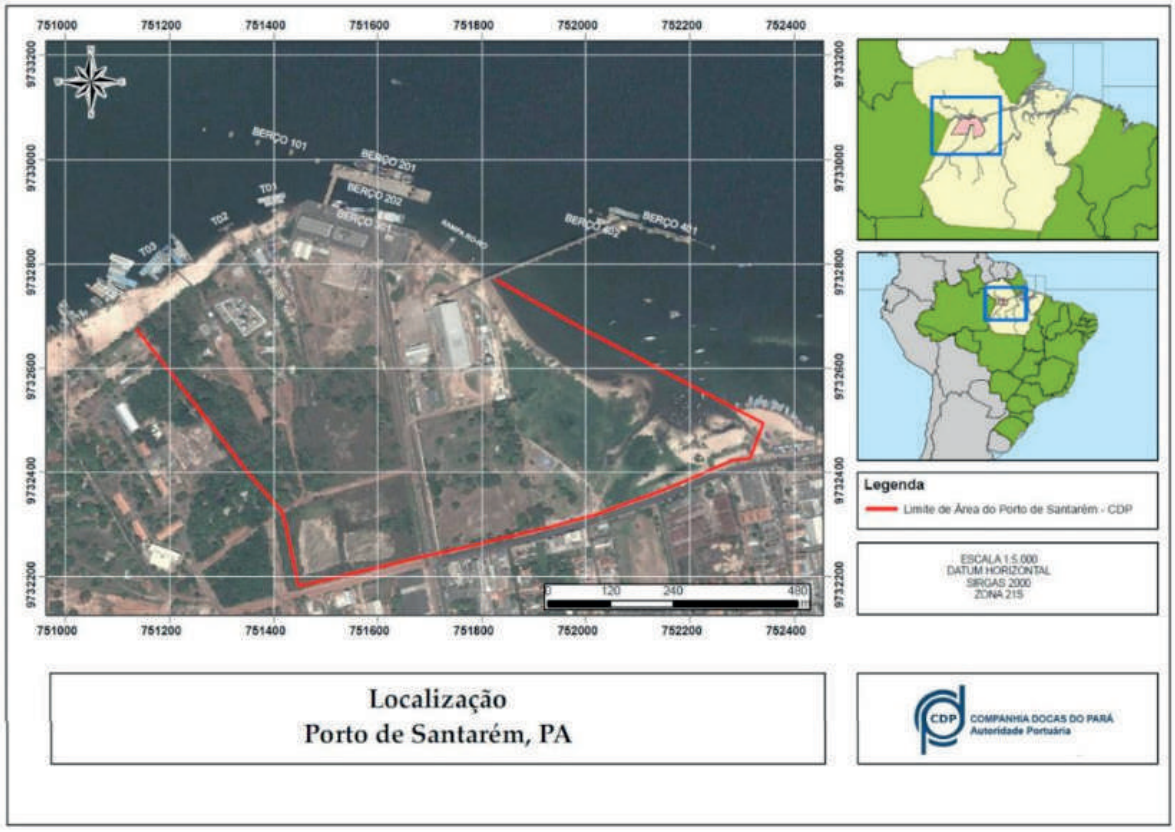


Figura 1 – Mapa de localização geográfica da área de estudo.

Fonte: PDZ - Porto de Santarém, 2017.

O Porto de Santarém possui área de aproximadamente 500.000 m² e opera principalmente graneis sólidos de origem vegetal (soja e milho), graneis líquidos derivados de petróleo (combustíveis e gás), passageiros (fluviais e de cruzeiros) e carga geral conteinerizada e não conteinerizada. O porto possui instalações para atracação de embarcações de diferentes tipos, dentre elas, embarcações de longo curso, mista, comboios fluviais e cruzeiros. O porto dispõe de área para atendimento aos passageiros das embarcações fluviais que atracam no berço 301 junto à rampa de acesso e para os turistas dos navios de cruzeiros que atracam no berço 101. Quando há atracação deste tipo de embarcação no berço 101, a área é isolada de todo o restante do porto, sinalizada com espaços para o tráfego de pessoas e carga (PDZ, 2017).

Para realização desta pesquisa foi necessário a execução de duas etapas distintas: na primeira etapa foi realizada a pesquisa bibliográfica e documental, tais como artigos, dissertações, planos e sites com o objetivo de alcançar informações gerais sobre o município de Santarém e o referido Porto, bem como análise em todos os Relatórios Anuais do Projeto PEAT no período de 2009 a 2017, que foram obtidos juntamente ao setor ambiental da Companhia. Na segunda etapa foram tabulados todos os dados de resultados alcançados com a implementação dos programas no âmbito do Projeto PEAT, identificando os benefícios promovidos pelo Projeto no

Porto de Santarém e para a população local com a implementação dos programas.

3 I RESULTADOS

Os Portos Fluviais da Amazônia possuem uma séria problemática a ser enfrentada em razão dos resíduos gerados nas embarcações que realizam transporte de passageiros entre os munícipios. O transporte fluvial é um dos principais meios de deslocamento de pessoas em grande parte das cidades da Amazônia. Uma parcela significativa das embarcações não é regularizada conforme Resolução Nº 3284 (ANTAQ, 2014) que altera a Resolução Nº 1.274 – ANTAQ, de 3 de fevereiro de 2009, que dispõe sobre outorga de autorização para prestação de serviço de transporte de passageiros, veículos e cargas na navegação interior de travessia.

Deve-se considerar ainda que inúmeros portos onde essas embarcações atracam também não são licenciados e oferecem pouca infraestrutura. A CDP identificou a necessidade de realizar um trabalho com os proprietários de embarcação, com a tripulação e principalmente com os passageiros. Por meio da celebração de um convênio com a Fundação Esperança foi possível realizar atividades diárias de sensibilização ambiental com os passageiros no intervalo de tempo que essas embarcações permanecem atracadas no Porto de Santarém. As embarcações disponibilizaram maior número de coletores compreendendo toda a área da embarcação e os geradores (passageiros) são incentivados diariamente a fazer o descarte do resíduo nos coletores disponíveis. A CDP instalou 12 coletores de capacidade de 240 litros no píer fluvial para receber os resíduos gerados pelas embarcações que posteriormente são transportados e destinados no aterro sanitário controlado do município.

O objetivo geral do PEAT é de sensibilizar a população do Porto de Santarém a contribuir com a correta coleta, seleção e disponibilização dos resíduos gerados, promovendo a melhora da qualidade de vida da população através da conservação do meio ambiente. Os objetivos específicos do projeto estão descritos a seguir:

a) propiciar aos voluntários, condições de desenvolverem seus conhecimentos nas ações propostas, atuando como multiplicadores;

b) sensibilizar as pessoas de embarcações fluviais, a importância do meio ambiente e a mudança de comportamento;

c) capacitar funcionários, usuários e comunidades do entorno do Porto para educação ambiental;

d) viabilizar a disposição correta e o controle dos resíduos gerados a partir das atividades do Porto.

e) oportunizar a geração de renda às famílias locais com o uso dos recursos

renováveis adquirido na coleta seletiva dos barcos e porto.

f) investigar o nível de conhecimento dos diferentes seguimentos da sociedade quanto ao papel e importância das Docas no município.

g) possibilitar a profissionalização dos artesãos do Aeroporto Velho e Mapiri, através de cursos de aprimoramento da produção de objetos proveniente de suas atividades.

O Projeto é desenvolvido conforme um plano de ação anual que compreende em 5 programas, a saber: Programa de Educação e Sensibilização – PES; Programa de Capacitação e Inclusão – PCI; Programa de Avaliação – PA; Programa de Divulgação do PEAT- PD; Programa de Coleta Seletiva das Embarcações - PCSE. As abordagens eram realizadas nas embarcações que atracam na CDP (Golfinho do Mar II, São Bartolomeu (II, III e IV), Amazon Star, Luiz Afonso, Clívia, Cisne Branco, Ana Beatriz V, Anna Karoline II, Rondônia), posteriormente passaram a ser realizadas com os vendedores de passagens, taxistas, barracas de lanche e trabalhadores da CDP, etc.

Abaixo está sendo apresentado 2 desses 5 programas considerados de grande importância para a população de Santarém, são estes: Programa de Educação e Sensibilização – PES; Programa de Capacitação e Inclusão.

I.**O Programa de Educação e Sensibilização – PES:** Objetiva educar e sensibilizar os tripulantes e passageiros das embarcações fluviais atracadas no Porto de Santarém, bem como todos os atores que vivem do comercio no entorno do Porto (vendedores de passagens, taxistas, moto taxistas, carregadores, barracas de lanches, guardas portuários, trabalhadores da administração da CDP, OGMO, caminhoneiros, equipe de limpeza entre outros), promovendo a cidadania e uso correto dos recursos naturais. As abordagens são feitas diariamente utilizando-se como material de apoio cartilhas, folders e cartazes voltados à temática ambiental (RELATÓRIO PEAT, 2016). A maior parcela do público que recebe as informações é itinerante, não costumas viajar diariamente, por isso a necessidade de intervenção diária. Os estagiários que realizam as atividades do projeto em dois turnos são estudantes do IESPS, geralmente do curso de gestão ambiental.

II. **Programa de Capacitação e Inclusão – PCI:** A capacitação é uma ferramenta essencial para inserção do profissional no mercado de trabalho, nesta ótica o programa busca capacitar os empregados da CDP/Porto de Santarém, a comunidade em geral que vive na área de influência direta e indireta do referido Porto. Os cursos foram realizados em locais variados, com o objetivo de facilitar acesso ao público e abranger o maior número de pessoas possível que necessite de capacitação. Foram ministrados cursos em: Barracão Comunitário do Bairro do Mapiri, Casa da Srª Antonia (monitora), Bairro do Mapiri, Salão da Igreja de Sant'Ana

no Bairro do Aeroporto Velho, Casa da Srª Raimunda Mendes (monitora), Instituto Esperança de Ensino Superior – IESPES, Porto da CDP Santarém, Escolas públicas, Porto de Santarém.

As ações realizadas foram tão positivas que a Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ propôs avançar no processo e estimular a coleta seletiva nas embarcações. Sendo assim, a CDP em parceria com a ANTAQ e a Fundação Esperança realizaram o I Encontro da Navegação Sustentável da Amazônia com a participação de diversos seguimentos da sociedade Santarém no período de 27 e 29 de julho de 2017. Foram oferecidas 4 oficinas temáticas. O encontro e as oficinas são parte do "Projeto de Coleta Seletiva nas Embarcações de Passageiro da Navegação Interior na Região Amazônica", com objetivo reduzir os impactos ambientais causados pelos resíduos descartados. As atividades do Programa Educação Ambiental para Todos – PEAT se desenvolvem através de ações definidas em diversos programas que o compõem para um público diversificado: voluntários do PEAT, funcionários da CDP e órgão gestor de mão de obra, guarda portuária, taxistas, carregadores, vendedores de lanches e de passagens, artesãos, acadêmicos e comunidade em geral da área circunvizinha ao Porto. O evento causou grande impacto positivo na população.

O Programa de Educação e Sensibilização – PES, no período de 2007 a 2017 abrangeu aproximadamente 78.000 pessoas. É um trabalho de formiguinha, os agentes do projeto vão onde estão as pessoas, repassam informação referente a importância do descarte adequado do resíduo, os danos causados pelo despejo de resíduos nos recursos hídricos, a relevância do papel de cada cidadão para alcançar um meio ambiente mais saudável.

A Figura 2 ilustra a quantidade de pessoas que foram envolvidas no processo de educação e sensibilização ambiental no período de 2007 a 2017 no Porto de Santarém e área de entorno.

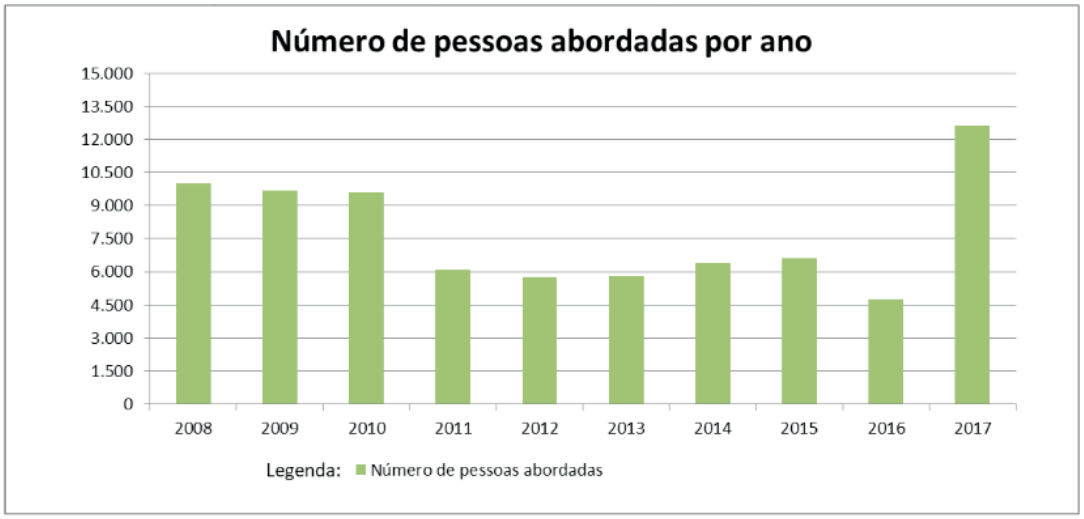


Figura 2 - Número de pessoas abordadas por ano pelo PEAT.

Fonte: Relatórios anuais PEAT, 2007–2017.

A Figura 3 ilustra um dos momentos da ação desenvolvida diariamente nas embarcações que atracam no Porto de Santarém. Os agentes conversam com pequenos grupos por vez. É um trabalho árduo, mas que traz grandes retornos.



Figura 3 - Momento de abordagem de membros do PEAT com a população alvo do programa.
Fonte: Relatórios anuais PEAT, 2007 – 2017

No período que compreende esse estudo foram realizados em torno de 131 cursos/capacitações com duração de 16 a 40 h: Agentes e Monitores Ambientais (Monitoramento e controle de Resíduos Sólidos); aperfeiçoamento de embalagens; artefatos de fita; atendimento ao público; auditoria e controle ambiental; bijuterias; bordado à mão livre; chefia e liderança; confecção de papel reciclado e fabricação de sacolas, caixas e cartão; confecção de sabão a partir de óleo de cozinha usado; contabilidade básica; customização de sandálias; direito e cidadania; educação ambiental e legislação; educação financeira; empreendedorismo e constituição de cooperativas e associações; ergonomia e ginástica laboral; estufa de solarização da água; fabricação de sabonetes, shampoo e sais de banho; filtros caseiros de bambu e areia; formação de preço; gerenciamento de resíduos; inclusão digital; inglês instrumental I; inglês instrumental II; manipulação e reaproveitamento de alimentos; manutenção de computadores; marketing pessoal; meio ambiente e cidadania; motivação e liderança; papel gráfico; primeiros Socorros/NR 29; produção de adubo orgânico e manejo e produção de mudas; qualidade no atendimento; qualidade no Atendimento/ Relações Interpessoais; reaproveitamento de resíduos – fabricação de Biojóias; reaproveitamento de resíduos - Jornais, revistas, pet's; reaproveitamento de resíduos – Macramê; reaproveitamento de resíduos de madeira: caixas de MDF; reaproveitamento de tecidos: Patchwork e Fuxico; reciclagem de Garrafas PET; Relações Interpessoais; segurança no trabalho portuário; sensos da qualidade;

serigrafia; técnicas de vendas; turismo histórico; vícios posturais; reaproveitamento de artesanato com Fibra de Curauá; curso de pintura em tecido - pintura a mão livre; estética (limpeza facial e sobrancelha de Henna); plano de gerenciamento de Resíduos Sólidos; manicure. A Tabela 1 apresenta o quantitativo de curso disponibilizado por ano, bem como o número de pessoas beneficiadas.

Ano	QTD anual de cursos disponibilizados pelo PEAT	QTD de pessoas que realizaram os cursos do PEAT
2009	18	535
2010	22	525
2011	18	461
2012	8	178
2013	19	433
2014	14	340
2015	16	329
2016	6	127
2017	10	252

Tabela 1 – Quantidade anual de cursos/capacitações realizados e número de participantes.
Fonte: Relatórios anuais PEAT, 2007 – 2017.

Os cursos são alterados a cada ano conforme o comportamento do mercado e a demanda da comunidade.

Elenca-se a seguir outras ações realizadas pelo PEAT de importante relevância, tanto para os estudantes envolvidos, quanto para a CDP, bem como para a sociedade de Santarém.

- Fabricação de sabão líquido ecológico produzido a partir do óleo de cozinha utilizada nas copas das embarcações que atracam no Porto de Santarém que antes eram destinados ou no resíduo comum ou diretamente no rio. O óleo retornava à embarcação na forma de sabão através e doação feita pelo PEAT.

- Realização de inúmeras oficinas/palestras com temas diversificados: (Uso de drogas lícitas e ilícitas); Gravidez na adolescência (Sexualidade e prevenção da gravidez) para os alunos da rede pública de educação, bem com DST/AIDS, Alcoolismo e Tabagismo para os ambulantes, taxistas, carregadores de bagagem que oferecem seus serviços na área de entorno do terminal de passageiros do Porto de Santarém.

- Realização de ações em creches e abrigos municipais com distribuição de brindes, assim como fabricação de brindes para as ações realizadas no Terminal de Passageiros do Porto de Santarém;

- Fabricação de adereços e ornamentação de várias áreas no Porto de Santarém em todas as datas festivas;

- Acompanhamento dos programas de monitoramento e da gestão de resíduos

sólidos gerados no Porto e recebidos das embarcações fluviais;

- Participação efetiva das ações de combate ao Aedes Aegypti nas áreas primárias e secundárias do Porto;

- Construção e manutenção de uma horta na área secundária do Porto, cultivo, replicação e doação de mudas medicinais e ornamentais na estação de passageiros, em pegadas ecológicas, blitz ambientais, eventos da CDP, eventos da Fundação Esperança, feiras de amostras dos cursos e eventos que o PEAT é convidado a participar. O projeto recebe capacetes e garrafas pet's, os quais são transformados em vasos e doados a população local. Somente em 2017 foram distribuídas 2.000 mudas, disseminando conhecimento acerca da riqueza natural da floresta amazônica, da importância em preservá-la e proporcionando saúde, qualidade de vida e mais contato com a natureza para dentro da casa de cada pessoa que recebe uma muda.

4 I CONCLUSÃO

Cada cidadão é responsável por um meio ambiente saudável. A CDP procura desenvolver políticas sociais com interface na área ambiental de forma a promover geração de renda, propiciar o debate e a transformação das pessoas com relação às problemáticas ambientais. O Projeto Educação Ambiental para Todos – PEAT iniciou de forma discreta como um projeto social, entretanto registra excelentes resultados a cada versão anual, alcançando um público cada vez maior e dinâmico, através da oferta de oficinas, cursos/capacitações com propostas inovadoras e criativas para atender as demandas do Porto e da população de Santarém.

A pesquisa realizada no período de 2009 a 2017 identificou um crescimento significativo no PEAT. Mediante os resultados satisfatórios verificados nas ações desenvolvidas ao longo desses anos e pelo crescimento considerável da credibilidade e confiança dos participantes em relação ao Projeto, principalmente vinculados às temáticas: reaproveitamento de materiais, reciclagem e destino adequando dos resíduos, replicação de mudas e as capacitações em geral.

Em meio a todos os desafios enfrentados na área de meio ambiente atrelada às decisões políticas e econômicas que envolvem o bem-estar social, a Companhia Docas do Pará por meio do PEAT, está contribuindo para a formação de uma sociedade mais consciente e colaborativa, influenciando de forma satisfatória grande parte de interessados por meio de ações práticas e teóricas que envolvem o cotidiano dos cidadãos em prol de um meio ambiente sustentável.

Dentre diversas vantagens produzidas pelo Projeto Educação Ambiental para Todos, destacamos: afirmação do compromisso social da CDP com foco na responsabilidade social; a valorização dos empregados da CDP/Porto de Santarém; estabelecimento de uma relação Porto-Cidade e Meio ambiente; geração de renda para a comunidade local; capacitação de aproximadamente 3.180 pessoas; melhoria

no processo de gestão de resíduos sólidos no Porto, inclusive a coleta seletiva, assim como ações de sensibilização ambiental para o público de aproximadamente 78.000 pessoas executadas pelo Programa de Educação e Sensibilização – PES, no período de 2007 a 2017.

O problema mais relevante verificado em todas as edições do projeto é o longo tempo de renovação anual, visto que há necessidade de prestação de contas do ano anterior e ocorre o trâmite de renovação, o que causa descontinuidade em todo o processo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. Lei 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.

Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2010 -2011. Relatório.

HOLLIDAY, Charles. Cumprindo o Prometido. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

IBGE. Santarém. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/santarem>. Acesso em: 02 mai. 2018.

PDZ. Plano de Desenvolvimento e Zoneamento Portuário. Porto Organizado de Santarém. Belém – PA, outubro de 2017.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos. Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2007.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos. Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2008 -2009.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos. Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2012 -2013. Relatório.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos. Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2014 -2015. Relatório.

PEAT. Projeto Educação Ambiental para Todos. Relatório Final, Santarém – PA, 2014 – 2015.

PEAT. Relatório Anual do Projeto Educação Ambiental para Todos. Fundação Esperança. Instituto Esperança de Ensino Superior. Coordenadora: Marijara Serique de A. Tavares. Santarém, 2016 -2017. Relatório.

PEAT. Projeto Educação Ambiental para Todos. Relatório Final, Santarém – PA, 2016 – 2017.

Prefeitura Municipal de Santarém. Santarém. Disponível em: <http://www.santarem.pa.gov.br/pagina.asp?id_pagina=6>. Acesso em 02 mai. 2018.

CAPÍTULO 27

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

Data de aceite: 09/01/2020

Sebastiana Flávia Lima dos Santos
Pedagoga pela Universidade do Estado da Bahia - UNEB. Administradora pela Universidade Norte do Paraná – UNOPAR. Especialista em Política do Planejamento Pedagógico e Gestão Pública e graduanda em Direito pela UNEB. Funcionária da Embasa desde 2005, atuando na área operacional e de planejamento e gestão. A partir de julho de 2016 exerce a função de gerente comercial e de contratualização na Unidade Regional de Itaberaba. Itaberaba – BA.

Gustavo Lima Magalhães Ferreira
Bacharel em Ciências Econômicas pela Universidade Católica de Salvador-UCSAL. Especialista em Gestão Financeira, Auditoria e Controladoria pela Fundação Getúlio Vargas. Especialista em Perícia e Assistência Técnica Econômico-Financeira pelo Conselho Federal de Economia. Funcionário da Embasa desde 2005, atuando como gestor da área administrativa e comercial e de contratualização. A partir de 2012 exerce a função de gerente da Unidade Regional de Itaberaba. Itaberaba – BA.

RESUMO: O saneamento básico passou um longo período sem investimentos o que tornou a gestão muito mais complexa, pois aumentar a cobertura do atendimento e prestar serviços de qualidade sem recursos é uma conta que não fecha. Com o marco regulatório da área estabelecido em 2007 através da lei 11.445 houve mudança nesse cenário, inclusive no que se refere a recursos financeiros para melhorar a estrutura existente e ampliar cobertura. Por outro lado, esse novo cenário exige planejamento e gestão dos serviços públicos vinculados ao saneamento. Na Bahia, a Embasa é a principal executora dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, atua no Estado desde 1971 e vem buscando se adequar a essa nova estrutura do saneamento. Para isso desde 2016 investe na implantação do Modelo de Excelência da Gestão – MEG da Fundação Nacional da Qualidade (FNQ) que é um modelo integrador de gestão formado por um conjunto de conceitos chamados de Fundamentos da Excelência da Gestão. Tais fundamentos evidenciam conceitos mundialmente reconhecidos que expressam processos gerenciais e em consequência resultados organizacionais. O diagnóstico da gestão com base no MEG demonstra o grau de maturidade da gestão na organização e indica as melhorias a serem aplicadas para obter a excelência. A Unidade Regional de Itaberaba (UNE), uma das 19 unidades da Embasa, abraçou a implantação desse modelo de gestão em sua área de atuação a fim de estruturar seus processos, sistematizar suas práticas, melhorar sua gestão e elevar a qualidade na prestação dos serviços. Com o trabalho desenvolvido desde 2016 e

intensificado em 2018 com o MEG a UNE tornou-se uma das vencedoras do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento (PNQS) nível I – critérios Compromisso com a Excelência e recebeu o Troféu Quíron Bronze.
PALAVRAS-CHAVE: Saneamento, Gestão, Embasa-UNE, MEG, PNQS.

QUALITY SANITATION IS BUILT WITH MANAGEMENT FOCUS: THE EMBASA EXPERIENCE - ITABERABA REGIONAL UNIT WITH MEG IMPLEMENTATATION

ABSTRACT: Basic sanitation has gone through a long period without investments, which has made management much more complex, as increasing service coverage and providing quality services without resources is a non-closing account. With the regulatory framework of the area established in 2007 through Law 11,445, this scenario changed, including with regard to financial resources to improve the existing structure and expand coverage. On the other hand, this new scenario requires planning and management of public services related to sanitation. In Bahia, Embasa is the main executor of water supply and sewage services, operating in the state since 1971 and seeking to adapt to this new sanitation structure. Since 2016, it has invested in the implementation of the Management Excellence Model - MEG of the National Quality Foundation (FNQ), which is an integrative management model formed by a set of concepts called Fundamentals of Management Excellence. Such fundamentals highlight worldwide recognized concepts that express management processes and consequently organizational results. The MEG-based management diagnosis demonstrates the maturity of management in the organization and indicates the improvements to be applied to achieve excellence. The Itaberaba Regional Unit (UNE), one of Embasa's 19 units, embraced the implementation of this management model in its area of activity in order to structure its processes, systematize its practices, improve its management and increase the quality of service delivery. . With the work developed since 2016 and intensified in 2018 with the MEG, UNE became one of the winners of the National Sanitation Quality Award (PNQS) level I - Commitment to Excellence criteria and received the Chiron Bronze Trophy.
KEYWORDS: Sanitation, Management, Embasa-UNE, MEG, PNQS.

1 I INTRODUÇÃO

O Saneamento básico ou saneamento ambiental, conforme a lei 11.445/07, é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. O desenvolvimento dessas atividades é fundamental para a promoção da saúde e preservação ambiental, reduzindo, inclusive, gastos públicos com saúde curativa. Entretanto, antes de 2007, mais precisamente nas décadas de 70 e 80, foi estabelecida uma lacuna no que se refere a investimentos e insegurança jurídica no setor. Mesmo com a expansão

acelerada das áreas urbanas poucas ações estruturantes foram efetivas para promover acesso ao saneamento básico para todos. Observa-se que o atendimento se voltou, prioritariamente para abastecimento de água na área urbana e mesmo assim com sistemas operando precariamente.

Com o marco legal do saneamento houve uma valorização do setor que passou a tratar da universalização do acesso ao todos os produtos do saneamento. Além disso e consequentemente, houve a ampliação da disponibilidade de investimentos. Porém, para se chegar aos recursos necessários para investir na ampliação de sistemas existentes ou na construção de novos é necessário passar por uma etapa de planejamento que, para os municípios, titulares dos serviços, representa a elaboração de Planos Municipais de Saneamento para posterior elaboração de contrato de programa com a concessionária que irá executar os serviços. O contrato de programa é um importante instrumento de gestão. Nele estão contidos os programas e ações que a concessionária irá executar no município. A concessionária deverá prestar contas periodicamente ao município referente ao que foi acordado no contrato de programa.

A Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. – Embasa foi criada em 1971 e é a principal executora dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado da Bahia. Sua missão é prestar serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário com excelência e sustentabilidade contribuindo para a universalização e melhorando a qualidade de vida. Atualmente a Embasa atua em 366 dos 417 municípios baianos.

A Embasa sempre trilhou seu caminho e ampliando cobertura e buscando a melhoria na prestação dos serviços e para isso buscou desenvolver suas atividades com base na gestão da qualidade. Dentre as várias ações nesse sentido, ao longo da sua história, em 2016 foi retomada da adequação da gestão corporativa com base no Modelo de Excelência da Gestão – MEG. Essa retomada estava prevista no Planejamento Estratégico da Embasa 2016-2019 que tem como um dos seus objetivos estratégicos, na perspectiva alicerce, desenvolver e implementar modelo de excelência em gestão.



Figura 1: Mapa Estratégico da Embasa. PE 2016-2019.

O MEG é um modelo de referência em gestão organizacional elaborado pela Fundação Nacional da Qualidade – FNQ que funciona como integrador de gestão formado por um conjunto de conceitos chamados de Fundamentos da Excelência da Gestão. Tais fundamentos evidenciam conceitos mundialmente reconhecidos que expressam processos gerenciais e em consequência resultados organizacionais. O diagnóstico da gestão com base no MEG demonstra o grau de maturidade da gestão na organização e indica as melhorias a serem aplicadas para obter a excelência.

Os Fundamentos da Excelência da Gestão, são os seguintes: Pensamento sistêmico, saneamento ambiental integrado, compromisso com as partes interessadas, aprendizado organizacional e inovação, adaptabilidade, liderança transformadora, desenvolvimento sustentável, orientação por processos e geração de valor. Tais fundamentos perpassam por todas as variáveis de uma organização e por isso direciona o olhar do gestor para tudo o que importa e deve ser considerado, avaliado, gerenciado. Ao utilizar os fundamentos da gestão para a excelência, que tem forte ênfase no ciclo PDCL, a organização pode realizar uma autoavaliação e obter um diagnóstico de maturidade da gestão.



Figura 2: Tangran que representa os Fundamentos da Excelência em Gestão do MEG.

A Unidade Regional de Itaberaba (UNE) é uma das 19 unidades da Embasa e uma das 13 situadas no interior do Estado e sua área de abrangência contempla 26 municípios baianos situados na região da Chapada Diamantina. A UNE atende a aproximadamente 136.936 imóveis e 524.000 pessoas com abastecimento de água e 11.357 imóveis e 37.000 pessoas com esgotamento sanitário e esse número cresce a cada ano.

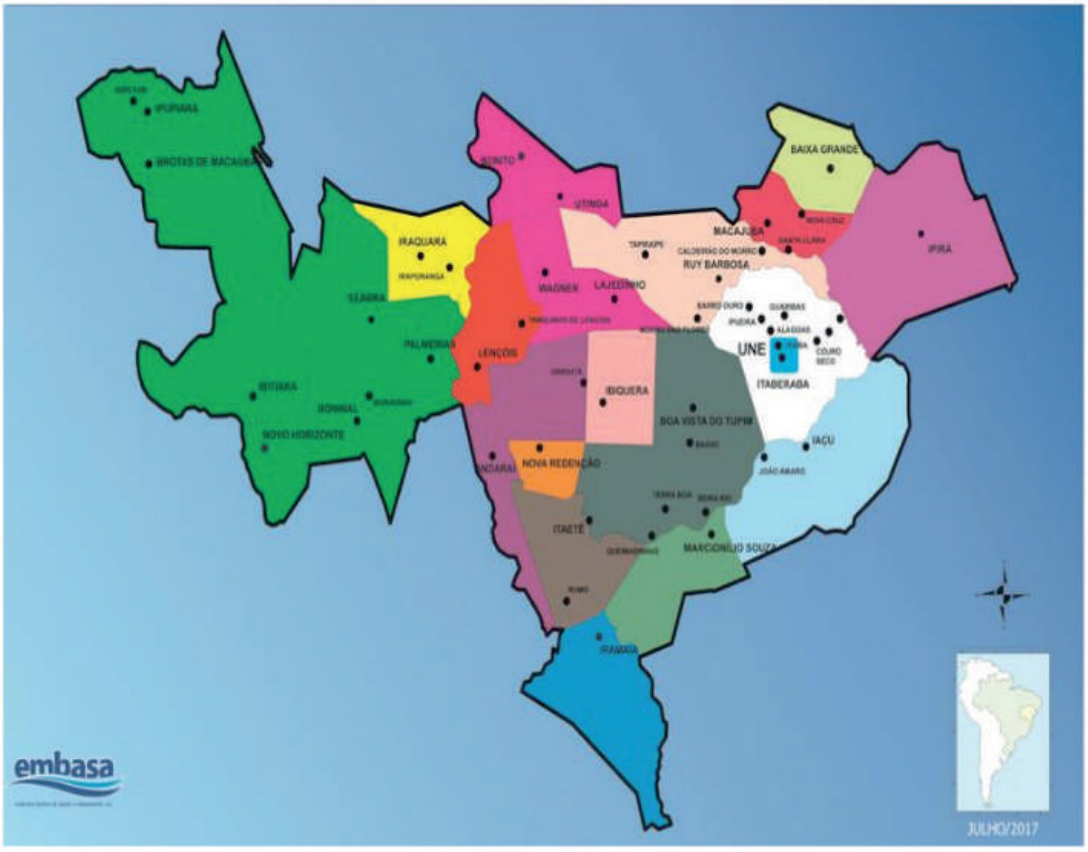


Figura 3: Configuração da UNE por Escritório Local.

O relacionamento entre a Unidade Regional de Itaberaba (UNE) e a Alta Administração da Embasa ocorre por meio da Superintendência de Operação Norte (IN) que é subordinada à Diretoria de Operação do Interior (DI). A Força de Trabalho e a receita bruta da UNE representam 13,69% e 8,36%, respectivamente, em relação à IN. A UNE atua diretamente no relacionamento com suas Partes Interessadas, com as quais compartilha decisões e prioriza investimentos com o objetivo de atender suas necessidades e expectativas.

A UNE está dividida, no nível tático, em 04 gerências setoriais: Gerência Operacional, Gerência Comercial e de Contratualização, Gerência de Suporte à Gestão e Gerência de Manutenção Eletromecânica. No nível operacional, seus 26 municípios são divididos em 17 Escritórios Locais (ELs) coordenados por seus respectivos gerentes.

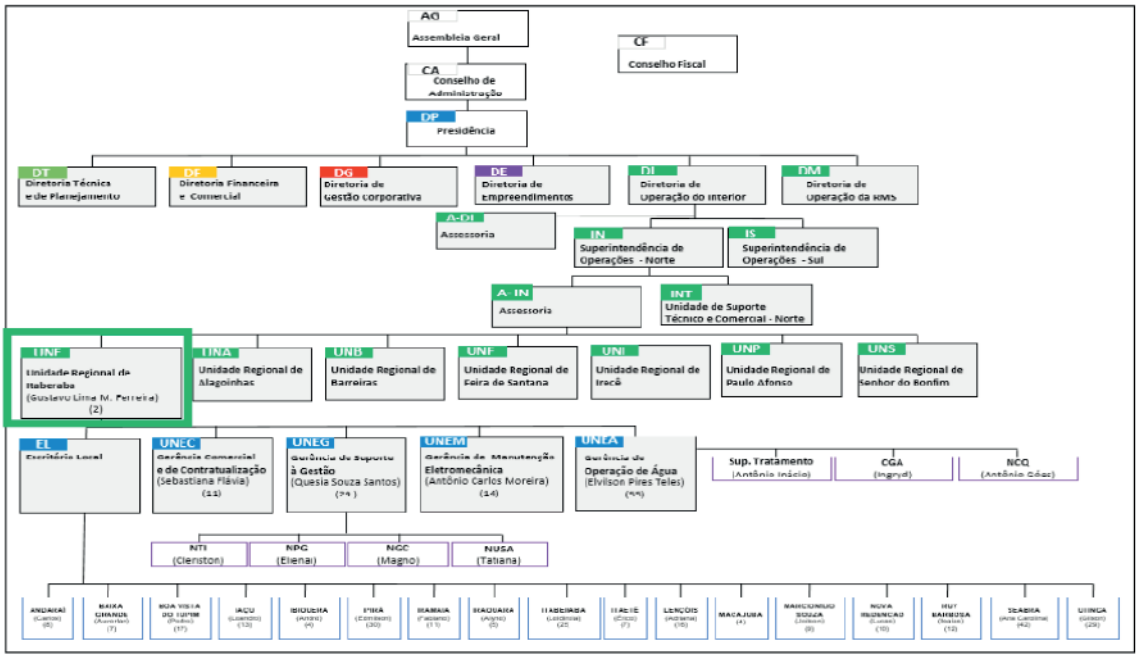


Figura 4: Organograma UNE

O desafio dessa unidade que possui localidades distantes, sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário complexos e em área de intenso controle social, forte atuação de órgãos ambientais, atividade turística em alta e escassez hídrica é de gerenciar recursos, pessoas, informações e processos a fim de promover a satisfação de todas as partes interessadas e alcançar resultados satisfatórios.

Assim, tendo como base o direcionamento corporativo a UNE buscou se aprofundar na ferramenta, realizou sua autoavaliação e buscou refinar suas práticas existentes e implementar novas tendo como objetivo a melhoria da gestão e resultados satisfatórios e com tendência progressiva.

Em 2018 a UNE foi uma das 04 unidades da Embasa escolhida para concorrer

ao Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento 2018 – no nível I: Compromisso com a Excelência – 250 pontos e a partir de abril intensificou suas atividades a fim de atender aos fundamentos da gestão para a excelência e a partir de então, se adequar aos critérios que constam no instrumento de avaliação do PNQS: Liderança, estratégias e planos, clientes, sociedade, informações e conhecimento, pessoas, processos e resultados. Esses critérios apresentam requisitos a serem avaliados e desenvolvidos e devem balizar a atuação da organização de forma prática e objetiva tendo em vista a excelência da gestão.

2 I OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é demonstrar a importância da implantação do MEG para o diagnóstico, estruturação e melhoria da gestão tendo como referência a experiência da Unidade Regional de Itaberaba que através do MEG implantou melhorias na gestão e tornou-se uma das vencedoras do Prêmio Nacional da Qualidade em Saneamento – PNQS, Nível I – 250 pontos – Compromisso com a Excelência.

3 I METODOLOGIA UTILIZADA

A implantação do Modelo de Excelência da Gestão foi retomada corporativamente em 2016 com o levantamento e descrição de práticas de gestão e autoavaliação a fim de elaborar um diagnóstico inicial da gestão na Embasa tendo em vista que já havia um histórico anterior de adequação da empresa aos requisitos de gestão pela qualidade total. Nesse período forma feitos treinamentos para representantes de todas as áreas da Embasa por uma equipe da FNQ sobre o modelo. Esses representantes deveriam atuar como multiplicadores em suas respectivas áreas e na UNE foi desenvolvido esse trabalho.

Em 2017 foram feitos mais alguns treinamentos, mas não houve demanda específica para as unidades a respeito da implantação do MEG. Nesse contexto, a UNE atuou proativamente fazendo a divulgação dos fundamentos e critérios do MEG fazendo com que a busca pela melhoria da gestão sempre permeasse as reuniões de análise crítica, as rodas de conversa, as tratativas de planejamento.

No início de 2018, a Embasa selecionou, a partir de avaliação das práticas de gestão elencadas em 2016, 04 unidades que deveriam concorrer ao Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento – PNQS, premiação instituída em 1997 pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária – ABES para reconhecer as empresas do setor que se distinguem pela boa gestão dos serviços de saneamento. Dentre as 19 unidades da Embasa foram selecionadas a Unidade Regional de Camaçari e a

Unidade Regional de Bolandeira vinculadas à Superintendência de Serviços de Água e Esgotamento Sanitário da Região Metropolitana (Diretoria de Operação da Região Metropolitana), a Unidade Regional de Jequié vinculada à Superintendência de Operação Sul (Diretoria de Operação do Interior) e a Unidade Regional de Itaberaba vinculada à Superintendência de Operação Norte (Diretoria de Operação do Interior).

O trabalho voltado para a gestão que já era representativo ficou ainda mais intenso, pois a unidade precisou refletir profundamente sobre suas práticas a fim de e elaborar seu relatório de gestão. Esse trabalho precisou contemplar todas as áreas da organização e envolver toda a força de trabalho. Durante esse processo de elaboração várias práticas foram aperfeiçoadas e a cada lacuna encontrada novas práticas iam sendo implementadas a fim de atender às necessidades das partes interessadas e garantir a gestão eficiente.

Depois de uma análise da cultura organizacional da UNE e da sua forma de atuação optou-se por trabalhar com uma rede interna de comunicação a fim de disseminar o MEG e seus conceitos e fortalecer o trabalho de mapeamento e sistematização de práticas de gestão existentes e implantação de práticas novas de em todas as áreas. Para isso, foi adotada a prática de gestão Diálogo Semanal da Qualidade – DSQ que consiste na seleção de temas que impactem na melhoria da gestão e que devem ser tratados semanalmente. Esses temas são selecionados e discutidos no âmbito do Grupo MEG, grupo de funcionários criado em 2018 para elaborar e disseminar estratégias para melhorar a gestão na UNE. Esse grupo inclui um grupo de funcionários de todas as áreas que se voluntariaram a participar do processo de melhoria da gestão na unidade. Cada gestor de área (Gerência Setorial e de Escritório Local) participa da primeira discussão do tema no grupo MEG e tem a responsabilidade de disseminar o tema com a sua equipe. Esse mesmo gestor traz para o grupo MEG a devolutiva da sua equipe demonstrando o que foi entendido do tema, pontos fortes, aplicabilidade e oportunidades de melhoria. Assim se fecha o ciclo do DSQ. Abaixo está representado o ciclo do DSQ:

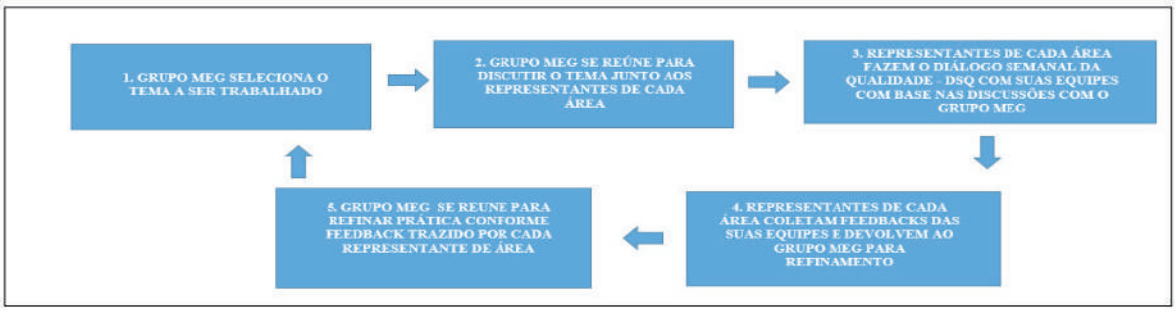


Figura 5: Ciclo do Diálogo Semanal da Qualidade - DSQ

Através do DSQ foi apresentado para toda a força de trabalho o MEG e seus fundamentos para a excelência, o PNQS, o Planejamento Estratégico da Embasa

destacando sua identidade organizacional, seus objetivos de curto médio e longo prazo e a responsabilidade de cada funcionário no alcance das estratégias da empresa. Esse diálogo cresceu e abrangeu fornecedores, clientes e titulares e a cada sinalização buscávamos implementar práticas de melhoria e projetos estratégicos tendo em vista uma gestão mais eficiente e integrada.

O processo de elaboração do Relatório de Gestão finalizou em agosto e logo após fizemos, com o DSQ o processo de disseminação, além do constante aperfeiçoamento das práticas em um processo de preparação para o período de avaliação. Nos dias 01 e 02/10 a UNE passou pelo processo de avaliação do PNQS com 02 examinadoras e em 25/10 acompanhamos a vivo a divulgação dos resultados em que figuramos como uma das vencedoras do Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento – PNQS 2018 no Nível I - 250 pontos: Compromisso com a Excelência. A premiação, o Troféu Quíron Bronze, foi recebida no dia 28/11/2018 em uma cerimônia realizada no Rio de Janeiro. E esse ciclo não para, pois, a melhoria da gestão precisa ser contínua. O trabalho agora é melhorar a gestão com base no nível II – Critérios Rumo à Excelência – 500 pontos.

4 I FATORES DE SUCESSO PARA O DSQ

- Seleção de temas que impactam a gestão da unidade;
- Alinhamento inicial com as pessoas que direcionarão as discussões em suas áreas;
- Coleta de feedback com as equipes para reflexão e refinamento da prática;
- Ampla discussão dos temas com abertura para participação de todos;
- Garantir que a comunicação atinja todas as áreas e níveis.

5 I RESULTADOS OBTIDOS

Com a implantação do MEG, tendo como principal ferramenta o DSQ, foi possível garantir um alinhamento do conhecimento e entendimento do modelo de gestão em todos os níveis da unidade. As práticas de gestão foram mapeadas, sistematizadas e disseminadas. O relatório de gestão foi elaborado de forma participativa e teve o envolvimento de todas as áreas. A partir da análise de cenários interna e externa foram elaborados projetos estratégicos para resolver riscos e impactos identificados. A rede de comunicação criada através do DSQ fez com que as informações críticas circulassem em toda a unidade e até mesmo fora dela. Houveram ganhos no que se refere a melhorias na estrutura física, atendimento a requisitos de segurança, engajamento das equipes, fluxo interno de informações, dentre vários outros.

O resultado que coroou esse trabalho foi o Prêmio Nacional de Qualidade em Saneamento – PNQS – 2018. A Unidade Regional de Itaberaba foi vencedora do prêmio no Nível I (250 pontos) Critérios Compromisso com a Excelência. Toda a equipe da unidade comemorou e se sentiu parte dessa conquista. Abaixo está o registro no site do PNQS onde aparece a informação da premiação do PNQS no ciclo 2018. No site também está disponível o relatório de gestão de todas as empresas premiadas.



Figura 6: Recorte do site do PNQS – Vencedoras do Nível I – Troféu Quíron Bronze

6 I ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante das informações tratadas aqui observa-se que os resultados alcançados com a implantação do MEG são qualitativos. Entretanto há uma forte influência nos resultados quantitativos, pois com a força de trabalho alinhada, engajada e entendendo qual o seu papel no contexto organizacional e conhecendo e praticando os conceitos de gestão há um consequente aumento da produtividade, melhoria na qualidade das informações, fortalecimento da gestão por processos, controle sistemático de práticas, dentre outros aspectos que se transformam em tendência positiva dos indicadores de desempenho.

Há ainda, um resultado qualitativo de suma importância para a organização. Se trata do entendimento do seu papel de prestador de serviços junto à sociedade que não é somente do ponto de vista financeiro, mas deve buscar, também, ganhos na perspectiva social. Afinal, saneamento tem como consequência saúde e preservação ambiental o que resulta em melhoria da qualidade de vida das pessoas o que está diretamente ligado à perspectiva resultados exposta no mapa estratégico da Embasa (Figura 1).

7 I CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Durante o processo de implantação do MEG tivemos vários ganhos: melhoria da gestão através de uma visão sistêmica e um olhar integrado para os requisitos das partes interessadas, engajamento da equipe, alinhamento estratégico melhoria na comunicação interna, no fluxo de informações, na qualidade na prestação dos serviços e alcance dos resultados além do valor agregado à imagem da empresa junto à força de trabalho, fornecedores, acionistas, usuários e toda a sociedade.

Desta forma, identificamos o MEG como uma ferramenta de grande valor que direcionou de forma assertiva nossos esforços para melhorar a gestão da UNE a ponto de podermos demonstrar nosso nível de maturidade da gestão no processo de avaliação do PNQS e alcançar a premiação pleiteada. Reiteramos que o processo de melhoria da gestão é contínuo, se consolida a cada dia e traz ganhos para todas as partes interessadas da organização. Atualmente a Embasa está atuando como foco em contratualização, negociando com os municípios os contratos de programa. Nesse contexto, a estabilidade da gestão é um importante ativo que representa muito no momento das negociações, no fechamento dos contratos, o que deixa a empresa cada vez mais forte e sustentável.

REFERÊNCIAS

1. Consulta em: http://www.embasa.ba.gov.br/index.php/institucional/a-embasa/identidade-organizacional

2. Consulta em: http://pnqs.com.br/pnqs-ciclo-2018-anuncio-das-empresas-vencedoras-2

3. EMBASA - UNIDADE REGIONAL DE ITABERABA. Relatório de Gestão. Itaberaba, 2018

4. FNQ – Fundação Nacional da Qualidade – Guia de Referência da Gestão para a Excelência. São Paulo, 2016.

5. PNQS 2018. Critérios de avaliação MEGSA - Modelo de Excelência em Gestão do Saneamento Ambiental.

CAPÍTULO 28

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

Data de aceite: 09/01/2020

Jaqueline Ineu Golombieski
Doutora em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM. Atualmente é Professor Adjunto da UFSM *campus* Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul.

Débora Seben
Mestranda do Programa de Pós Graduação em Ciência e tecnologia Ambiental (PPGCTA), Universidade Federal de Santa Maria, UFSM *campus* Frederico Westphalen – Rio Grande do Sul.

Joseânia Salbego
Doutora em Farmacologia, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Rio Grande do Sul.

Elisia Gomes da Silva
Servidora da UFSM; Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Farmacologia. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM – Rio Grande do Sul.

RESUMO: O uso de agrotóxicos nas culturas pode chegar aos corpos hídricos e afetar uma população receptora de organismos não alvo destes produtos químicos. O objetivo deste estudo foi verificar se a formulação comercial dos inseticidas clorantraniliprole e tiametoxam, utilizados em lavouras arrozeiras, alteram os parâmetros metabólicos de organismos não-alvo, jundiás (*Rhamdia quelen*), expostos em condições laboratoriais. Peixes (n=54 organismos) foram divididos em seis unidades (n= 6/repetição), em triplicata para cada tratamento. Os tratamentos utilizados foram: Experimento I - clorantraniliprole: T1 - controle (sem agrotóxico), T2 - 0,02 e T3 - 0,20 µg/L, com jundiás expostos 24 e 96h e 96h de recuperação (água sem agrotóxico); Experimento II - tiametoxam: T1 - controle, T2 – 1,125 e T3 – 3,75 µg/L, com jundiás expostos 24 e 96h e 48h de recuperação. Nas 24h, 96h, 48 ou 96h de recuperação os peixes foram eutanasiados e após coletadas amostras de tecido hepático e muscular para posterior análises. Foram observadas nos experimentos I e II, alterações nos níveis de glicose, glicogênio e lactato (hepático e muscular). Desta forma, o estudo sugere que os inseticidas Clorantraniliprole e Tiametoxam, utilizados intensamente em lavouras de arroz no sul do Brasil, em todas as concentrações e tempo de exposição testados, alteram os parâmetros metabólicos dos tecidos fígado e músculo e podem exercer estresse em jundiás *R. quelen*. Verificou-se também a incapacidade de os peixes voltarem aos seus níveis metabólicos normais, após contato com o ambiente estressor (agrotóxico).

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxico, bioindicador, biomarcador, metabólicos, peixe.

ACUTE TOXICOLOGY OF *Rhamdia quelen* EXPOSED TO XENOBITICS USED IN RICE CROPS

ABSTRACT: The use of pesticides in crops can reach water bodies and affect a population receiving organisms not targeted by these chemicals. The objective of this study was to verify if the commercial formulation of chlorantraniliprole and thiametoxan insecticides, used in rice fields, alter the metabolic parameters of non-target organisms, silver catfish (*Rhamdia quelen*), exposed under laboratory conditions. Fish (n = 54 organisms) were divided into six units (n = 6 / repetition) in triplicate for each treatment. The treatments used were: Experiment I - chlorantraniliprole: T1 - control (without pesticide), T2 - 0.02 and T3 - 0.20 µg / L, with exposed silver catfish 24 and 96h and 96h recovery (water without pesticide); Experiment II -thiametoxan: T1 - control, T2 - 1.125 and T3 - 3.75 µg / L, with silver catfish exposed 24 and 96h and 48h recovery. At 24h, 96h, 48 or 96h recovery the fish were euthanized and after liver and muscle tissue samples were collected for further analysis. Experiments I and II showed changes in glucose, glycogen and lactate levels (liver and muscle). Thus, the study suggests that the insecticides Chlorantraniliprole and Thiametoxan, used intensively in rice farms in southern Brazil, at all concentrations and exposure time tested, alter the metabolic parameters of liver and muscle tissues and may exert stress in silver catfish *R. quelen* Fish were also unable to return to their normal metabolic levels after contact with the stressful environment (pesticide).

KEYWORDS: Agrotoxic, bioindicator, biomarker, metabolic, fish.

1 I INTRODUÇÃO

Para atender as demandas da produção de alimentos, o uso de agrotóxicos vem aumentando a cada safra na cultura do arroz irrigado, o que traz preocupações quanto à contaminação e risco ambiental que os mesmos podem oferecer. Tal fato tornou-se assunto para diversos estudos científicos (MAHBOOB et al., 2015; SHARMA et al., 2015; YADAV et al., 2015)carbofuran, cypermethrin, profenofos, triazophos, and deltamethrin, devido a constante presença de produtos químicos encontrados em amostras de águas subterrâneas e de culturas, visto que a água utilizada no cultivo do arroz irrigado é despejada diretamente no ambiente, podendo com facilidade chegar a córregos e rios, causando contaminação do ecossistema, especialmente em peixes, de agrotóxicos utilizados nestas lavouras (KREUTZ et al., 2008).

A piscicultura, concomitante com o cultivo do arroz irrigado é uma atividade que tem se tornado frequente. As duas atividades ocorrem em espaços separados, mas ao mesmo tempo e utilizando a mesma água (CLASEN et al., 2018). Neste sentido surge a preocupação com relação à contaminação ambiental em decorrência do uso de agrotóxicos utilizados no cultivo do arroz irrigado.

Estudos que relacionam os efeitos do uso dos agrotóxicos em peixes tem se tornado frequentes (KREUTZ et al., 2008; CERICATO et al., 2009; SALBEGO et al., 2010; GOLOMBIESKI et al., 2016; MARCHEZAN et al., 2016; BALDISSERA et al., 2018; CLASEN et al., 2018;).

O Clorantraniliprole é um inseticida pertencente a classe anthranilicdiamide, usado nas culturas de arroz, café, maçã, pêssego e cana-de-açúcar. Tal produto possui classificação toxicológica III (medianamente tóxico) e classificação do potencial de periculosidade ambiental II (muito perigoso ao meio ambiente). Estudos relacionados apontam a persistência do inseticida Clorantraniliprole na água até sete dias (ZHANG et al., 2012; TELÓ et al., 2015).

O Tiametoxam é um agrotóxico orgânico sintético incluído na classe dos neonicotinóides, considerado o inseticida mais rentável do mundo devido ao seu amplo uso para controlar numerosas pragas de insetos sugadores e mordedores para proteger a cultura (BARGANSKA et al. 2013), e atua nos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChRs) em insetos e mamíferos (MAIENFISCH et al., 2001; TOMIZAWA e CASIDA, 2005). É importante ressaltar que o tiametoxam é considerado um potencial contaminante na água superficial e subterrânea devido à baixa sorção do solo, alta capacidade de lixiviação, alta solubilidade em água e resistência ao tratamento biológico, sendo considerado um risco significativo para os ecossistemas aquáticos (YANG et al., 2014).

Embora esses inseticidas sejam considerados essenciais para o desenvolvimento da agricultura, eles também podem causar séria contaminação ambiental, principalmente em sistemas aquáticos em que os organismos são considerados importantes bioindicadores (DAS E MUKHERJEE, 2003; DOLCI et al., 2014, DO AMARAL et al., 2018).

O peixe teleósteo *Rhamdia quelen* (heptapteridae), conhecido popularmente como jundiá provou ser um bom modelo para avaliar a toxicidade e os efeitos de contaminantes (GOLOMBIESKI et al., 2016; BALDISSERA et al., 2018). Além disso, é uma espécie ecologicamente relevante que mostra uma boa taxa de crescimento, altas taxas de fertilização e eclosão dos ovos e é popular entre os consumidores (GOMES et al., 2000). Também é adequada para a cultura de arroz irrigado e peixe, conhecida como rizipiscicultura.

Devido aos produtos utilizados neste estudo serem relativamente novos no mercado, e pela carência de estudos acerca da toxicologia em organismos não alvo, o presente estudo visa avaliar a toxicologia dos inseticidas Clorantraniliprole e Tiametoxam em *Rhamdia quelen*. O objetivo deste trabalho foi verificar se a formulação comercial dos inseticidas clorantraniliprole e tiametoxam, utilizados em lavouras arrozeiras, altera os parâmetros metabólicos de organismos não-alvo, jundiás (*Rhamdia quelen*), expostos em condições laboratoriais.

2 I METODOLOGIA

A formulação comercial do inseticida Altacor® (clorantraniliprole) é [3-bromo-4-chloro-1-(3-chloro-2-pyridil)-2'-methyl-6'-(methylcarbamoyl)pyrazole-5-carboxinilide] (fabricante DuPont S.A.), e do inseticida Actara® (tiametoxam) é 3-(2-chloro-1,3-thiazol-5-ylmethyl)-5-methyl-1,3,5-oxadiazinan-4-ylidene(nitro) amine (fabricante Syngenta), sendo que a dose indicada para aplicação nas lavouras arrozeiras é de 30 e 37 g.i.a./ha, respectivamente (REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2016).

A presente pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia de Peixes (LAFIPE) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), RS/Brasil. Inicialmente os peixes foram adquiridos em pisciculturas particulares da região, transportados ao laboratório e aclimatados por sete dias (temperatura 20 °C) e em seguida, acondicionados em caixas de polietileno de 250L.

Foram realizados dois experimentos em tempos diferentes e, em ambos, os jundiás foram expostos por um período de 96h (exposição aguda) aos tratamentos utilizados e por um período de recuperação, de 96h para o clorantraniliprole e 48h para o tiametoxam. No Experimento I (clorantraniliprole) e Experimento II (tiametoxam), os jundiás utilizados (94,43±7,71 g e 21,75±0,68 cm; 106,27±20,21 g e 23,5±1,19 cm, respectivamente) (54 organismos; n= 6/repetição), em triplicata para cada tratamento, foram expostos ao tratamento controle, sem adição de agrotóxico (T1), mais os tratamentos com adição do agrotóxico. No Experimento I: T1=controle, T2 (0,02 µg/L) e T3 (0,20 µg/L). No Experimento II: T1=controle, T2 (1,125 µg/L) T3 (3,75 µg/L).

Os peixes recebiam oferta diária de alimento (ração comercial com 28% de proteína bruta), exceto nos dias em que eram realizadas coletas (24 e 96h de exposição para ambos os experimentos e 96h e 48h de recuperação, para Experimento I e II, respectivamente), visto o estresse que tal situação pudesse causar. No Experimento I, os peixes da caixa controle (T1) não se alimentaram durante o período de exposição, fato contrário ocorreu no período de recuperação, além de os dois tratamentos com agrotóxico (durante todo o período experimental) se alimentaram. No Experimento II não existiram diferenças, entre os tratamentos, quanto ao consumo de alimento.

Antes de iniciar o abate e a coleta dos tecidos biológicos, os peixes passaram por um processo de anestesia, com 50 mg/L de Eugenol, conforme regulamentação do Comitê de Ética e Experimentação Animal da UFSM (registro n. 067/2014). Após as primeiras 24 e 96h de exposição aos inseticidas, além do período de recuperação (96 ou 48h, respectivamente), os peixes foram eutanasiados por secção da coluna vertebral e foram coletados, além de sangue, os tecidos biológicos (fígado e músculo) e congelados a -20°C. No período de recuperação os peixes restantes

foram transferidos para caixas contendo apenas água limpa (sem agrotóxico), mantendo as mesmas características físico/químicas anteriormente, a fim de avaliar uma possível recuperação destes, caso houvesse a contaminação.

Após o término dos Experimentos I e II, as porções dos tecidos fígado e músculo (em duplicata), foram pesadas, e homogeneizadas para determinação dos parâmetros metabólicos: níveis de glicose e glicogênio (DUBOIS et al., 1956) e os níveis de lactato (HARROWER e BROWN, 1972).

Diariamente, foram monitorados os parâmetros de qualidade da água dos experimentos, tais como: pH e temperatura (pHmetro portátil) e oxigênio dissolvido (Oxímetro); amônia total, dureza total e alcalinidade total da água, todos conforme APHA (2012) e amônia não ionizada (COLT, 2002).

A concentração do composto químico foi determinada na água coletada nas caixas no início (0h) e no final do período experimental (96h), através de Cromatografia Líquida de Ultra Eficiência acoplada à Espectrometria de Massa (UHPLC-MS/MS) (DONATO et al., 2015).

Na análise estatística dos dados, a homogeneidade das variâncias entre os grupos foi testada com o teste de Levene. Na comparação entre os diferentes grupos foi utilizada ANOVA de duas vias e teste de Tukey ou Scheirer Ray Hare extensão do teste de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Nemenyi (Software Statística 7.0). O nível mínimo de significância foi $p \leq 0,05$. Todos os valores são apresentados como média ± erro padrão.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os níveis de glicose hepática (Tabela 1) (Experimento I) aumentaram significativamente nos tratamentos com clorantraniliprole nas primeiras 24h, mantendo-se alto em todo o experimento (24 e 96h de exposição e 96h de recuperação). Os níveis de glicogênio hepático diminuíram significativamente nos tratamentos com clorantraniliprole nas 24 h de exposição e, posteriormente, aumentaram significativamente até o final do período de recuperação (Tabela 1).

Os níveis de lactato no fígado (Tabela 1) não sofreram alterações nos dois tratamentos testados nas 24h de exposição, sendo que nos demais períodos houve aumento significativo.

Durante o período de exposição, no tecido muscular (Tabela 1) (Experimento I), não houve diferença significativa nos níveis de glicose, nos dois tratamentos testados com clorantraniliprole em relação ao controle. Entretanto, nas 96h de recuperação, os níveis de glicose, nos tratamentos com clorantraniliprole sofreram aumento significativo quando comparados ao controle. Não houve diferença significativa nos níveis de glicogênio muscular nas primeiras 24h de exposição, mas nas 96h de

exposição, houve aumento significativo nos tratamentos com clorantraniliprole em relação ao controle. Não houve diferença significativa nos níveis de glicogênio nas 96h de recuperação (Tabela 1). Houve aumento significativo nos níveis de lactato no músculo, o qual se manteve apenas no 0,20 µg/L durante o período de recuperação (Tabela 1).

No Experimento II em fígado (Tabela 2), em 24 e 96h de exposição, *R. quelen* expostos a tiametoxam apresentaram redução nos níveis de glicose em 3,75 *µ*g/L, comparado ao tratamento controle. Entretanto, houve um aumento, nesta mesma concentração, no período de recuperação em relação ao grupo controle. Níveis baixos de glicose foram obtidos onde os níveis de glicogênio e de lactato hepático aumentaram em ambas as concentrações e tempos de exposição e recuperação, quando comparados ao grupo controle.

Em relação ao controle em 24, 96h e no período de recuperação, os níveis de glicose no Experimento II foram baixos no músculo (exceto para 1,125 µg/L, 24 h) (Tabela 2). Similarmente, em 24h, 1,125 e 3,75 µg/L os níveis de glicogênio muscular foram altos se comparados ao período de recuperação (Tabela 2). Níveis de lactato muscular foram baixos quando comparados ao controle, durante o tempo de exposição ao agrotóxico (Tabela 2).

	Parâmetros avaliados					
	Fígado			**Músculo**		
Tempos/trat.	Glicose	Glicogênio	Lactato	Glicose	Glicogênio	Lactato
24h						
Controle	49,33*±6,85*	165,80±4,33	3,16±0,11	18,49*±0,33*	13,32±1,08	1,25±0,04
0,02 µg/L	121,00±2,65*	136,05*±1,39**	3,43±0,40	17,34*±0,99*	14,43±1,33	1,62±0,03*
0,20 µg/L	86,33±5,02*	151,80±10,21*	3,29±0,25	20,10*±2,62*	13,95±1,05	3,01±0,02*
96h						
Controle	58,63±1,82	221,60±10,01	3,34±0,10	26,15*±1,58*	15,60±1,40	1,41±0,15
0,02 µg/L	146,33*±1,20**	258,20±21,10*	4,54*±0,27**	27,1*±0,28*	27,71*±2,66**	1,64*±0,09**
0,20 µg/L	308,00*±26,06**	282,90±33,63*	7,06±0,29*	26,75±0,93	19,20±0,37*	3,40±0,22*
96h recup.						
Controle	112,83*±8,45*	223,20±14,40	5,98±0,49	17,25*±1,53*	15,23±1,73	1,61±0,03
0,02 µg/L	175,17*±9,69**	374,40±21,60*	10,18*±0,55**	26,03*±1,46**	15,71*±1,12*	1,48*±0,20*
0,20 µg/L	160,5*±8,67**	328,40±30,72*	8,06±0,57*	27,45±1,14*	14,59±0,33	2,40±0,02*

Tabela 1- Metabólitos hepático e muscular (*µ*g/g tecido) de jundiás (*Rhamdia quelen*) não expostos (controle) e expostos ao clorantraniliprole por 24, 96h de exposição e 96h de recuperação – Experimento I.

* indicam diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle. Os resultados estão apresentados em média ± erro padrão para cada grupo (n = 6, P< 0,05). 96h recup. = 96 h do período de recuperação.

	Parâmetros avaliados					
	Fígado			Músculo		
Tempos/trat.	Glicose	Glicogênio	Lactato	Glicose	Glicogênio	Lactato
24h						
Controle	61,90±2,50	40,90±3,96	27,52±3,20	19,17±2,00	12,40±0,71	3,36±0,22
1,125 µg/L	65,50±2,16	63,20±2,70*	48,39±3,34*	17,37±1,91	19,67±2,08*	1,02±0,15*
3,75 µg/L	50,60±2,72*	60,30±3,79*	39,52±3,48*	10,45±2,57*	18,42±1,66*	1,61±0,16*
96h						
Controle	58,20±3,27	41,20±4,81	25,53±3,04	20,10±1,50	11,92±1,43	3,64±0,30
1,125 µg/L	62,00±2,58	66,50±4,68*	43,85±1,98*	13,45±0,77*	7,20±1,93	1,81±0,28*
3,75 µg/L	46,90±2,32*	62,50±2,15*	55,63±2,58*	12,50±1,79*	8,80±1,37	2,06±0,28*
48h recup.						
Controle	59,90±2,61	42,60±3,91	26,18±3,52	20,10±1,31	10,55±0,58	3,09±0,19
1,125 µg/L	68,60±2,17	65,50±2,44*	46,22±2,28*	12,90±2,16*	9,35±1,25	2,92±0,23
3,75 µg/L	69,30±2,82*	59,30±3,44*	49,28±2,38*	11,87±0,71*	7,42±0,91	3,56±0,29

Tabela 2- Metabólitos hepático e muscular (µg/g tecido) de jundiás (*Rhamdia quelen*) não expostos (controle) e expostos ao tiametoxan por 24, 96h de exposição e 48h de recuperação – Experimento II.

* indicam diferença significativa entre os tratamentos em relação ao controle. Os resultados estão apresentados em média ± erro padrão para cada grupo (n = 6, P< 0,05). 48h recup. = 48h do período de recuperação.

A glicose é responsável pelo fornecimento de energia ao organismo. No Experimento I, nas primeiras 24 h de exposição, o aumento dos níveis de glicose hepática, pode ser oriundo do aumento dos níveis de cortisol do organismo, fazendo o mesmo se agitar e fornecer mais energia para o correto funcionamento das funções do corpo, o que não aconteceu no Experimento II, onde a glicose foi quebrada para fornecer energia para o corpo. Fato semelhante ao Experimento I foi observado por ROSSI (2013) que afirmou que a glicose foi o combustível inicial no metabolismo dos peixes intoxicados. No experimento II, as alterações nos níveis de glicose no fígado ocorreram apenas no tratamento com maior quantidade de agrotóxico, enquanto que no músculo, os níveis de glicose diminuíram significativamente no Experimento II, o que caracteriza a quebra da glicose para obtenção de energia, diminuindo assim seus níveis. Nos períodos posteriores (96h de exposição e 96 e 48h de recuperação, respectivamente), no Experimento I, os níveis de glicose hepática e muscular aumentaram significativamente, sendo este aumento oriundo da alimentação visto que os peixes dos tratamentos com agrotóxicos se alimentaram, diferentemente dos peixes do tratamento controle. Fato contrário ocorreu com os peixes do Experimento II que tiveram seus níveis de glicose diminuídos, podendo ser justificada a interferência dos níveis de cortisol nos níveis de glicose.

Em relação ao glicogênio, no Experimento I, durante as primeiras 24 h de

exposição, os peixes não consumiram ração, e por isso necessitou-se fazer a quebra do glicogênio no fígado, diminuindo assim suas concentrações nos tratamentos testados, visto a necessidade de se manterem devido ao ambiente estressor (agrotóxico), sendo resultado semelhante ao encontrado por MENEZES et al. (2014), quando expuseram *R. quelen* ao herbicida 2,4-D. O fígado em peixes é um órgão que executa várias funções associadas com o metabolismo de xenobióticos, e ele é um meio de detoxicação dos tecidos e reações primárias após o estresse causado pelos toxicantes. Fato contrário aconteceu com o Experimento II, onde os níveis de glicogênio aumentaram, considerando que os peixes, por não terem consumido alimento, obtiveram energia da glicose (o que diminuiu seus níveis) enquanto que os níveis de glicogênios puderam ser repostos. Entretanto, existem outros tecidos, como o músculo, envolvidos no metabolismo para ajustar as funções vitais (SALBEGO et al., 2010; ROSSI, 2013; GOLOMBIESKI et al., 2016). Nos períodos seguintes, em ambos os Experimentos, os peixes se alimentaram (em todos os tratamentos), evidenciando um aumento numérico dos níveis de glicogênio no fígado destes, já que os mesmos não necessitavam realizar a sua quebra, visto que obtinham energia através da glicose, pela alimentação.

Em relação ao lactato, no Experimento I em fígado e músculo e no Experimento II em fígado, houve aumento dos níveis deste parâmetro, o que corrobora com pesquisa de MENEZES et al. (2014) realizada com agrotóxico (herbicida 2,4-D). Diferentemente do período de exposição ao agrotóxico no Experimento II que os níveis de lactato muscular diminuíram, visto a necessidade de oxigênio para o desenvolvimento das atividades.

4 I CONCLUSÃO

Desta forma, os resultados obtidos no presente trabalho sugerem que a exposição subletal (aguda) aos inseticidas clorantraniliprole e tiametoxam, utilizados intensamente em lavouras de arroz no sul do Brasil, em todas as concentrações testadas, alteram os parâmetros metabólicos dos tecidos fígado e músculo e podem exercer estresse em jundiás *R. quelen*. Além disto, verificou-se também a incapacidade de os peixes voltarem aos seus níveis metabólicos normais, após contato com o ambiente estressor (água + agrotóxico).

REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for the Examination of water and wastewater.** 22 nd edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Edited by: Eugene W. Rice, Rodger B. Baird, Andrew D. Eaton, Lenore S. Clesceri. 2012.

BALDISSERA, M. et al. Thiamethoxam induced hepatic energy changes in silver catfish via impairment of the phosphoryl transfer network pathway: Toxicological effects on energetics homeostasis. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 60, p. 1-4, 2018.

BARGANSKA et al. Pesticide residues levels in honey from apiaries located of Northern Poland. **Food Control**, v. 31, p. 196-201, 2013.

CERICATO, L. et al. Responsiveness of the interrenal tissue of Jundiá (*Rhamdia quelen*) to an in vivo ACTH test following acute exposure to sublethal concentrations of agrichemicals. **Comparative Biochemistry and Physiology - C Toxicology and Pharmacology**, v. 149, n. 3, p. 363–367, 2009.

CLASEN, B. et al. Bioaccumulation and oxidative stress caused by pesticides in *Cyprinus carpio* reared in a rice- fish system. **Science of the Total Environment**, v. 626, p. 737-743, 2018.

DAS, B.K.; MUKHERJEE, S.C. Toxicity of cypermethrin in *Labeo rohita* fingerlings: biochemical, enzymatic and hematological consequences. **Comp Biochem Physiol C: Toxicol Pharmacol,** v. 134, 109-121, 2003.

DO AMARAL, et al. Seasonal implications on toxicity biomarkers of *Loricariichthys anus* (Valenciennes, 1835) from a subtropical reservoir. **Chemosphere**, v. 191, 876-885, 2018.

DOLCI, G.S. et al. Hypoxia acclimation protects against oxidative damage and changes in prolactin and somatolactin expression in silver catfish (*Rhamdia quelen*) exposed to manganese. **Aquat Toxicol**, v. 157, 175-185, 2014.

DONATO, F.F. et al. Development of a Multiresidue Method for Pesticide Analysis in Drinking Water by Solid Phase Extraction and Determination by Gas and Liquid Chromatography with Triple Quadrupole Tandem Mass Spectrometry. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 26, n. 10, p. 2077-2087, 2015.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Journal of Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-358, 1956.

GOLOMBIESKI, J.I. et al. Imazapyr + imazapic herbicide determines acute toxicity in silver catfish *Rhamdia quelen*. **Journal Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 128, p. 91–99, 2016.

GOMES, L.C. et al. Biologia do jundiá *Rhamdia quelen* (Teleostei, Pimelodidae). **Ciência Rural**, v. 30, p. 179-185, 2000.

HARROWER, J.R.; BROWN, C.H. Blood lactic acid: a micromethod adapted to field collection of microliter samples. **Journal of Applied Physiology**, v. 32, n. 5, p. 709-711, 1972.

KREUTZ, L. C. et al. Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1050–1055, 2008.

MAHBOOB, S. et al. Health risks associated with pesticide residues in water, sediments and the muscle tissues of *Catla catla* at Head Balloki on the River Ravi. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 3, p. 1–10, 2015.

MAIENFISCH, P. et al. Chemistry and biology of thiamethoxam: a second generation neonicotinoid. **Pest Manag Sci**. v. 57, p. 906-913, 2001.

MARCHEZAN, E. et al. Produção integrada de arroz irrigado e peixes. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 411-417, 2016.

MENEZES, C. et al. Commercial formulation containing 2,4-D affects biochemical parameters and

morphological indices of silver catfish exposed for 90 days. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41, p. 323-330, 2014.

REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO (Rio Grande do Sul). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. In: XXXI Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p., il.

ROSSI, P.A. **Alterações bioquímico-fisiológicas em pacu (***Piaractus mesopotamicus* **Holmberg 1887) exposto a um inseticida à base de deltametrina.** São Carlos, 2013. p. 11–77, 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

SALBEGO, J. et al. Herbicide formulation with glyphosate affects growth, acetilcholinesterase activity, and metabolic and hematological parameters in piava (*Leporinus obtusidens*). **Journal Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 58, p. 740-745, 2010.

SHARMA, R. et al. Impact evaluation indicators of an Integrated Pest Management program in vegetable crops in the subtropical region of Jammu and Kashmir, India. **Crop Protection**, v. 67, p. 191–199, 2015.

TELÓ, G. M. et al. Residues of thiamethoxam and chlorantraniliprole in rice grain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 8, p. 2119–2126, 2015.

TOMIZAWA, M., CASIDA, J.E. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. **Annu Rev Pharmacol Toxicol**, v. 45, p. 247-268, 2005.

YADAV et al. Current status of persistent organic pesticides residues in air, water, and soil, and their possible effect on neighboring countries: A comprehensive review of India. **Science of the Total Environment**, v. 511, p. 123–137, 2015.

YANG, H. et al. Consideration on degradation kinetics and mechanism of thiamethoxam by reactive oxidative species (ROS) during photocatalytic process. **Chem Eng J**., v. 245, p. 24-33, 2014.

ZHANG, J. M. et al. Residues of chlorantraniliprole in rice field ecosystem. **Chemosphere**, v. 87, n. 2, p. 132–136, 2012.

CAPÍTULO 29

TRATAMENTO NATURAL DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA COM USO DE SEMENTE DE *Moringa oleifera*

Data de aceite: 09/01/2020

Edilaine Regina Pereira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus Londrina
Departamento de Engenharia Ambiental – DAAMB
Londrina – Paraná

Maik Mauro Alves
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus Londrina
Londrina – Paraná

Bruna Ricci Bicudo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus Londrina
Londrina – Paraná

Dandley Vizibelli
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus Londrina
Londrina – Paraná

Fellipe Jhordã Ladeia Janz
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – campus Londrina
Londrina – Paraná

RESUMO: As águas residuárias proveniente de piscicultura são uma fonte contaminante pouco estudada, e seu descarte incorreto sem o devido tratamento pode ocasionar o aumento da carga poluidora, afetando negativamente o corpo hídrico receptor. Coagulantes orgânicos vem sendo estudados para o tratamento alternativo e acessível à água e efluentes. Dentre eles, a *Moringa oleifera* que através da sua proteína catiônica acelera o processo de coagulação no tratamento da água. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do coagulante orgânico extraído de semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água residuária de piscicultura em três diferentes concentrações coagulantes: C_1 = 400 mg.L^{-1}, C_2 = 800 mg.L^{-1} e C_3 = 1200 mg.L^{-1}. Os ensaios foram realizados no equipamento Jar Test reproduzindo o processo de coagulação/floculação/sedimentação. Os parâmetros analisados foram turbidez, cor aparente e pH e as coletas foram realizadas a cada 10 minutos até atingir o tempo total de 40 minutos. Verificou-se que, para os parâmetros turbidez e cor aparente, a concentração C_3 (1200 mg.L^{-1}) apresentou as maiores eficiências de remoção, sendo estas de 44 e 45%, respectivamente. Para o pH, todas as concentrações não apresentaram grandes variações, mantendo-se em uma faixa de 6,17 a 6,40. As análises estatísticas mostraram que para o parâmetro pH não houve diferenças significativas, porém para turbidez e cor aparente houve diferença significativa entre as três concentrações estudadas, com exceção para a turbidez no tempo 4 (33 minutos) e cor aparente nos tempos 3 (23 minutos) e 4 (33 minutos). Os resultados comprovaram a eficiência do coagulante natural

extraído de semente de *Moringa oleifera* para o tratamento de água residuária de piscicultura tornando-se uma alternativa viável.
PALAVRAS-CHAVE: Coagulante orgânico, Água, Tratamento.

NATURAL TREATMENT OF RESIDUARY FISHERIES WATER USING *Moringa oleifera* SEED

ABASTRACT: Wastewater from fish farming is a poorly studied contaminant source, and its incorrect disposal without proper treatment can increase the pollutant load, negatively affecting the receiving water body. Natural coagulants have been studied as alternative and affordable treatment of water and wastewater. Among them, *Moringa oleifera* that through its cationic protein accelerates the coagulation process in water treatment. The objective of this work was to verify the efficiency of natural coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed in the treatment of wastewater from fish farming in tree differents concentration: C_1 = 400 mg.L^{-1}, C_2 = 800 mg.L^{-1} e C_3 =1200 mg.L^{-1} . The tests were performed in the Jar Test equipment reproducing the coagulation/ flocculation/sedimentation process used in treatment plants. The parameters analyzed were turbidity, apparent color and pH and the collections were performed every 10 minutes until reaching the total time of 40 minutes. For the turbidity and apparent color parameters, the C_3 concentration (1200 mg.L-1) presented the highest removal efficiencies, which were 44 and 45%, respectively. For pH, all concentrations did not show large variations, remaining in a range of 6,17 to 6,40. Statistical analyzes showed that for pH parameter there were no significant differences, but for turbidity and apparent color there was significant difference between the three concentrations, except for turbidity at time 4 (33 minutes) and apparent color at times 3 (23 minutes) and 4 (33 minutes). The results proved the efficiency of natural coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed for the treatment of wastewater from fish farming.
KEYWORDS: Natural Coagulant, Water, Treatment.

1 I INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma rica e extensa rede hidrográfica espalhada em todo seu território. Esse fato colaborou com que, no decorrer de sua ocupação, a população e os grandes centros urbanos se fixassem em torno de rios e de toda a costa brasileira. Além de fazer o uso para fins doméstico, industrial e somado a falta de saneamento, os rios ao redor dos grandes centros sempre foram utilizados para o lançamento de efluentes, causando impactos ambientais como contaminação e proliferação de doenças para os que residem em suas proximidades e que fazem uso desta água.

Uma fonte contaminante pouco estudada é proveniente da água residuária de piscicultura, onde o descarte incorreto sem o devido tratamento pode ocasionar o aumento significativo da carga poluidora, afetando negativamente o corpo hídrico receptor. De acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura (2014), o País produz

aproximadamente 2 milhões de toneladas de pescado (levantamento preliminar de 2013), sendo 40% cultivados. A atividade gera um Produto Interno Bruto – (PIB) pesqueiro de R$ 5 bilhões, mobiliza 800 mil profissionais entre pescadores e aquicultores e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. O potencial brasileiro é grande e o País pode se tornar um dos maiores produtores mundiais de pescado.

Apesar da piscicultura ser uma forma rentável para muitas famílias, deve-se tomar atenção ao efluente gerado, uma vez que seu lançamento *in natura* aos corpos hídricos podem causar danos como contaminação de rios e riachos, eutrofização, alteração ecossistêmica, modificação nos índices de demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, mortandade de peixes, além de poder influenciar negativamente na saúde de quem faz o uso desta água. Sabe-se que a piscicultura gera um efluente que nem sempre é tratato antes de ser lançado aos corpos hídricos.

Com isso, o tratamento com auxílio de coagulantes torna-se uma alternativa mais sustentável e de baixo custo podendo se tornar uma ferramenta para o tratamento da água residuária de piscicultura, além de não oferecer risco à saúde. Segundo Schwarz (2000), as sementes de *Moringa oleifera* possuem quantidades significativas de proteínas solúveis em água que apresentam uma carga positiva. Quando as sementes trituradas são misturadas à água bruta, as proteínas produzem cargas positivas agindo como ímãs e induzem as partículas carregadas negativamente, como as argilas e partículas tóxicas na água.

Diante disso, torna-se importante conhecer os benefícios que tal coagulante traria ao tratamento de água residuária de piscicultura como uma possível alternativa sustentável. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a possibilidade do uso da semente de *Moringa oleifera* para a melhoria da qualidade da água residuária de tanques de piscicultura.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

Realizou-se uma pesquisa experimental no Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Londrina, através de ensaio jar test (Figura 1) envolvendo os processos de coagulação/floculação/sedimentação.

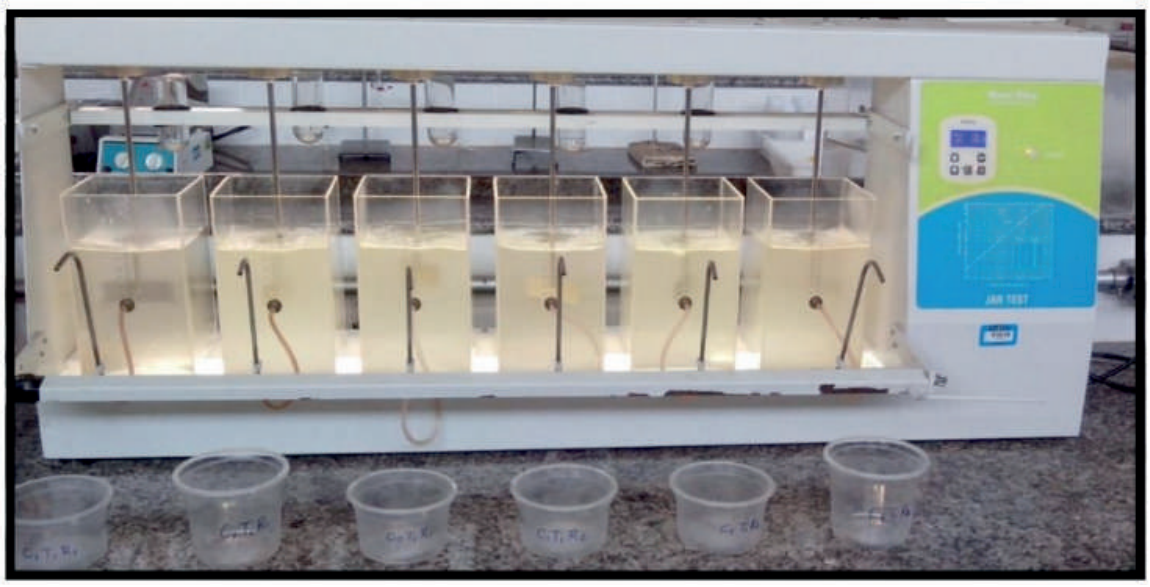


Figura 1: Equipamento jar test utilizado nos ensaios de coagulação/floculação e sedimentação.

As sementes da *Moringa oleifera* na proporção de 10 gramas para 1L de água destilada foram descascadas, levadas ao liquidificador e misturados à 1 molar de solução salina NaCl. Depois desta etapa o produto foi coado em um coador de pano e só a partir de então a solução coagulante estava pronta para ser utilizada. Os pré testes foram realizados utilizando becker com o objetivo de testar concentrações distintas, onde as que obtiveram o melhor resultado para a formação de flocos na água residuária de piscicultura foram utilizadas posteriormente.

Após o pré-ensaio, verificou-se que as melhores concentrações foram de: C_1 = 400 mg.L^{-1}, C_2 = 800 mg.L^{-1} e C_3 = 1200 mg.L^{-1} do coagulante natural extraído da semente de *Moringa oleifera.* Depois que o efluente de piscicultura foi acondicionado aos jarros e o coagulante lançado, deu-se início o procedimento de mistura. Fatores como tempo de mistura e rotação das pás foram fundamentais, visto que interferem diretamente no resultado final. Para este experimento, estabeleceu-se os tempos para coagulação/floculação/sedimentação adaptados de Theodoro (2012).

O tempo de coleta das amostras ocorreram durante o processo de sedimentação sendo realizado de 10 em 10 minutos, até atingir 40 minutos ao fim do processo. Para cada amostra recolhida foram determinados os parâmetros de cor aparente, turbidez e pH, de acordo com o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012). Através dos resultados adquiridos pelas práticas experimentais, as análises estatísticas foram realizadas com o programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância (ANOVA), comparando os resultados encontrados para cada amostra no decorrer do tempo avaliando a eficiência do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera.* Quando a diferença foi significativa, necessitou-se a aplicação do teste de Tukey a nivel de 5% de significância.

3 I RESULTADOS

3.1 Cor aparente

Foram calculados eficiências de remoção de cor aparente em relação aos valores iniciais e finais durante o processo de sedimentação. A Tabela 1 e Figura 2 apresentam os valores médios de cor aparente, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo do processo.

Tempo de Sedimentação (minutos)	Cor Aparente (mgPt-Co L^{-1}) C1	C2	C3
T1 (3 minutos)	92	131	183
T2 (13 minutos)	85	133	147
T3 (23 minutos)	81	106	122
T4 (33 minutos)	72	87	99

Tabela 1: Valores médios para cor aparente durante a sedimentação.

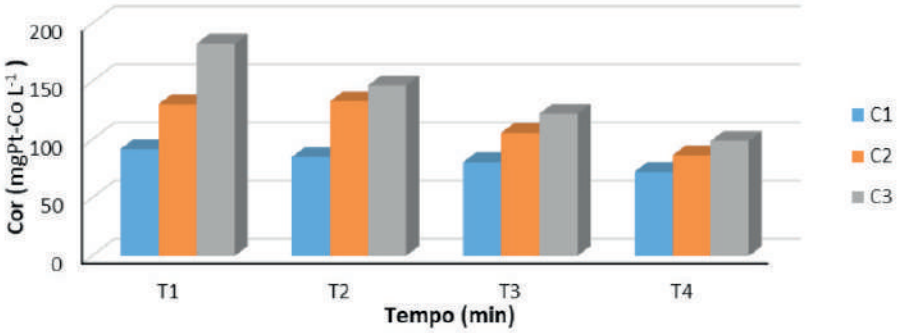


Figura 2 – Comportamento dos valores médios de cor ao longo do tempo de sedimentação.

Para as três concentrações foram verificadas remoção da cor aparente no decorrer do processo de sedimentação, porém a concentração C_3 (1200 mg.L^{-1}) foi a que apresentou a maior variação, de 183 para 99 mgPt-Co L^{-1}. Já as menores variações ocorreram com C_2 (800 mg.L^{-1}) variando entre 131 e 87,99 mgPt-Co L^{-1} e C_1 (400 mg.L^{-1}) entre 92 e 72,99 mgPt-Co L^{-1} .

Mesmo ao final da sedimentação, todos os valores obtidos ainda ficaram acima do valor bruto, que foi de 46 mgPt-Co L^{-1}. Isso pode ser explicado pelo fato do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* tornar a água mais suja no início do processo devido à grande liberação de matéria orgânica. Se comparado a legislação CONAMA 357/2005, apenas a concentração C_1 apresentou o valor de cor aparente dentro do limite estipulado pela legislação, que é de 75 mgPt-Co L^{-1} ao final do ensaio.

Bourscheidta et al (2014), verificou em seu trabalho que, a utilização de sementes de *Moringa oleifera Lam* apresentou bons resultados na remoção do parâmetro cor aparente, variando entre 15,94% e 33,97%. Quando o coagulante é constituído com

KCl e 5% de *Moringa oleifera,* a remoção de cor é ainda maior, obtendo valores de até 70,66%. Com isso, este coagulante pode ser aplicada como tratamento primário de águas residuárias do processamento de pescado.

Através da Figura 3 observa-se que a concentração C_3 obteve a maior eficiência de remoção de cor aparente ao final do processo de sedimentação, sendo esta de 45,80%, seguida de C_2 com 33,67% e C_1 com 21,38%.

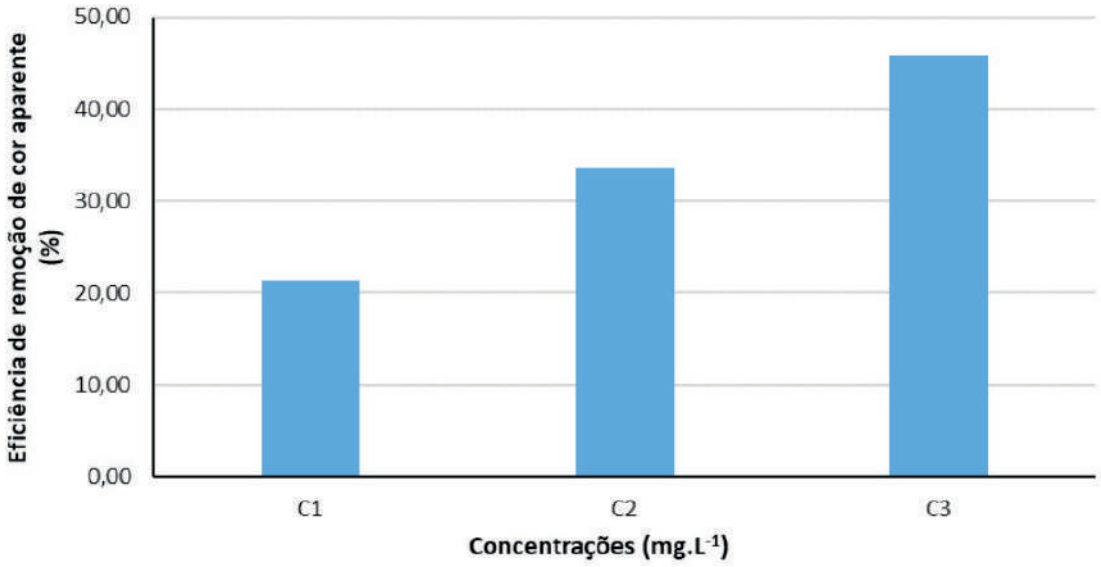


Figura 3 – Eficiência de remoção de Cor Aparente.

Baptista et al. (2014) verificou em seu trabalho sobre tratamento de água com *Moringa oleifera,* que o coagulante atingiu uma remoção de cor aparente de 89,9%, indicando que o coagulante é uma boa alternativa para o tratamento de água bruta.

As Tabelas 2 a 5 apresentam a análise de variância para a cor aparente para os tempos T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	12419,56	2	6209,778	307,0769	9,06E-07	5,1432
Dentro dos grupos	121,3333	6	20,2222			
Total	12540,89	8				

Tabela 2: Análise de variância para a cor aparente no tempo T1 (3 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	6293,556	2	3146,778	11,94475	0,0081	5,1432
Dentro dos grupos	1580,667	6	263,4444			
Total	7874,222	8				

Tabela 3: Análise de variância para a cor aparente no tempo T2 (13 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	2644,667	2	1322,333	29,2407	0,0008	5,1432
Dentro dos grupos	271,3333	6	45,22222			
Total	2916	8				

Tabela 4: Análise de variância para a cor aparente no tempo T3 (23 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1068,667	2	534,3333	55,9186	0,0001	5,1432
Dentro dos grupos	57,333	6	9,555556			
Total	1126	8				

Tabela 5: Análise de variância para a cor aparente no tempo T4 (33 minutos)

De acordo com as análises estatísticas apresentadas temos que para estes casos o valor de P obtido é menor que 0,05. Isso mostra que houve uma diferença significativa entre as concentrações no decorrer do tempo para o parâmetro cor aparente. Porém, o valor de P para o tempo T2 apresentou o valor de 0,008, mostrando que não houve diferença significativa para cor aparente neste tempo de sedimentação.

Na Tabela 6 estão apresentadas as comparações de médias para a cor aparente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Médias	Tempo T1		Tempo T2		Tempo T3		Tempo T4	
	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P
1 a 2	38,67	< 0,01	48	< 0,05	25,33	< 0,01	14,33	< 0,01
1 a 3	90,67	< 0,01	61,67	< 0,01	41,67	< 0,01	26,67	< 0,01
2 a 3	52	< 0,01	13,67	NS	16,33	NS	12,33	< 0,01

Tabela 6: Comparação de médias para a cor aparente pelo teste de Tukey com 5% de significância.

Através da Tabela 6, apenas para as médias entre as concentrações 2 a 3 nos tempo T2 e T3, não ocorreram diferenças significativas. Para os outros tempos, em todas as comparações foi verificado diferenças entre as concentrações. Entre C_1 e C_3 no tempo T1, apresentou uma média diferente e superior estatisticamente as demais, sendo esta de 52. Para o tempo T4, temos que o valor P é menor que 0,01 quando C_1 e C_3 são comparados com um diferença de 26,67, mostrando que C_3 é a melhor concentração para a remoção de Cor Aparente.

3.2 Turbidez

A Tabela 7 e Figura 4 apresentam os valores médios de turbidez, referentes aos

três tratamentos utilizados ao longo do tempo durante o processo de sedimentação.

Tempo de Sedimentação (minutos)	Turbidez (NTU)		
	C1	C2	C3
T1 (3 minutos)	26	37	47
T2 (13 minutos)	25	33	42
T3 (23 minutos)	23	29	33
T4 (33 minutos)	20	24	26

Tabela 7: Valores médios para Turbidez durante o processo de sedimentação.

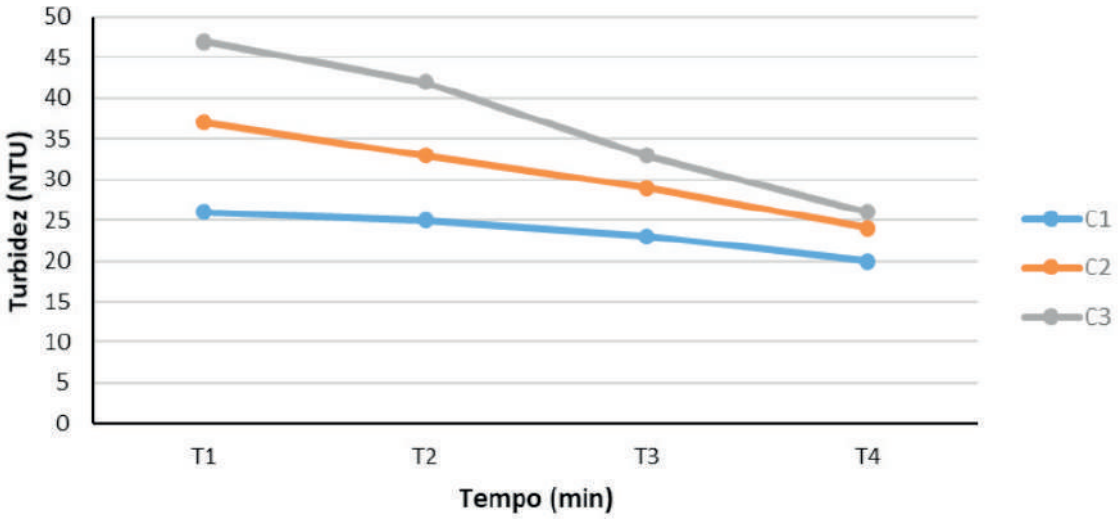


Figura 4 – Comportamento dos valores médios de turbidez ao longo do tempo de sedimentação.

Observa-se que a maior variação de turbidez ocorreu para a concentração C_3, no qual a redução foi 47 para 26 NTU, Já a menor variação de turbidez ocorreu com C_1, variando de 26 para 20 NTU, seguida de C_2 oscilando entre 37 e 24 NTU ao final do tempo de sedimentação.

Resende et al. (2014) em um estudo sobre redução de nitrato de água subterrânea com sementes de *Moringa oleifera,* constatou que os melhores resultados para a remoção de turbidez, foram através das maiores concentrações do coagulante, sendo elas de 500 a 1000 $mg.L^{-1}$ corroborando com tais resultados apresentados nesta pesquisa.

Observa-se que ao final do tempo T4, tanto C_2 quanto C_3 tiveram um resultado muito próximo. Isso mostra que é preferível escolher C_2, pois seria gasto menos quantidade de coagulante para o tratamento se levado em consideração apenas este parâmetro. Vale lembrar que, o coagulante extraído da *Moringa oleifera* libera bastante matéria orgânica, por esse motivo após a sedimentação o valor obtido de turbidez da água ainda continua elevado.

Em geral, o coagulante à base de *Moringa oleífera* é indicado para o tratamento de águas com alta turbidez, tendo sua eficiência reduzida para águas com baixa turbidez (Katayon et al., 2006).

Através da Figura 5 observa-se que a concentração C_3 (1200 mg.L^{-1}) obteve a maior eficiência de remoção de turbidez ao final do processo de sedimentação, sendo esta de 44,68%, seguida de C_2 (800 mg.L^{-1}) com 35,14% e C_1 (400 mg.L^{-1}) com 23,68%.

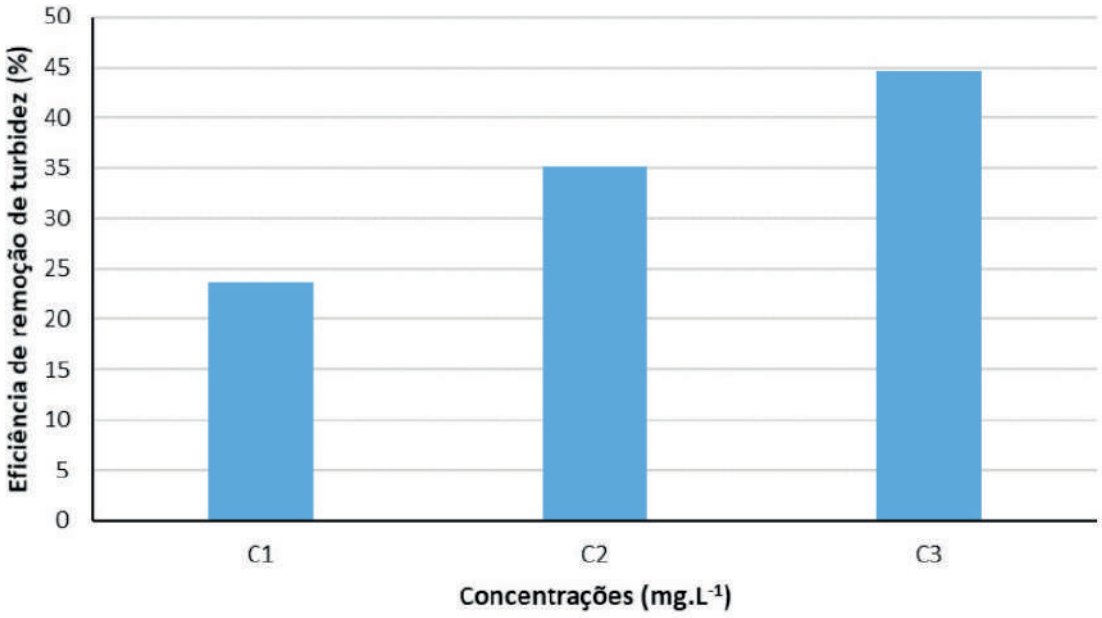


Figura 5 – Eficiência de remoção de Turbidez.

Camacho et al. (2014) em seu trabalho sobre o uso de *Moringa oleifera* no tratamento de água com florações de cianobactérias, obteve valores de eficiência de remoção de turbidez variando entre 0 e 99,11%, onde as maiores remoções ocorreram em amostras com alta turbidez inicial.

As Tabelas 8 a 12 apresentam a análise de variância para a turbidez nos tempos T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	667,8422	2	333,9211	317,6839	8,19E-07	5,1432
Dentro dos grupos	6,3066	6	1,0511			
Total	674,1488	8				

Tabela 8: Análise de variância para a turbidez no tempo T1 (3 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	390,9956	2	195,4978	39,2741	0,0003	5,1432
Dentro dos grupos	29,8666	6	4,9777			
Total	420,8622	8				

Tabela 9: Análise de variância para a turbidez no tempo T2 (13 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	174,5355	2	87,4508	65,4508	8,42E-07	5,1432
Dentro dos grupos	8	6	1,3333			
Total	182,5355	8				

Tabela 10: Análise de variância para a turbidez no tempo T3 (23 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	45,2355	2	22,6177	8,0970	0,0197	5,1432
Dentro dos grupos	16,76	6	2,7933			
Total	61,9955	8				

Tabela 11: Análise de variância para a turbidez no tempo T4 (33 minutos)

De acordo com as análises estatísticas apresentadas para todos os casos o valor de P obtido é menor que 0,05. Isso mostra que houve uma diferença significativa entre as concentrações no decorrer do ensaio para o parâmetro Turbidez em relação a variação do tempo de coleta.

Na Tabela 12 estão apresentadas as comparações de médias para a turbidez pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

Médias	Tempo T1		Tempo T2		Tempo T3		Tempo T4	
	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P
1 a 2	11,57	< 0,01	7,53	< 0,05	6,53	< 0,01	3,8	NS
1 a 3	21,07	< 0,01	16,13	< 0,01	10,7	< 0,01	5,53	< 0,05
2 a 3	9,5	< 0,01	8,6	< 0,01	4,17	< 0,05	1,53	NS

Tabela 12: Comparação de médias para a cor aparente pelo teste de Tukey com 5% de significância.

Por meio da Tabela 12, apenas para as médias entre as concentrações 1 a 2 e 2 a 3, ambas no tempo T4, não ocorreram diferenças significativas. Para os outros tempos, em todas as comparações foi verificado diferenças entre as concentrações. Entre C_1 e C_3 no tempo T1, apresentou uma média diferente e superior estatisticamente as demais, sendo esta de 21,07. Já para o tempo T4, temos que o valor P é menor que 0,05 quando C_1 e C_3 são comparados, mostrando que C_3 é a melhor concentração para a remoção de Turbidez.

3.3 Potencial Hidrogeniônico (pH)

A Tabela 13 e Figura 6 apresentam os valores médios de pH, referentes as três concentrações utilizadas ao longo do tempo.

Tempo de Sedimentação (minutos)	pH C1	C2	C3
T1 (3 minutos)	6,17	6,23	6,29
T2 (13 minutos)	6,45	6,47	6,40
T3 (23 minutos)	6,52	6,48	6,47
T4 (33 minutos)	6,41	6,42	6,40

Tabela 13: Valores médios para pH durante o processo de sedimentação.

Figura 6 – Comportamento dos valores médios de pH ao longo do tempo de sedimentação.

Por meio da Tabela 13 e Figura 6, verifica-se que houve uma leve variação do pH, porém este se manteve praticamente constante comparado ao pH bruto (6,14). Para C_1 (400 $mg.L^{-1}$) o pH variou de 6,17 a 6,41, já C_2 (800 $mg.L^{-1}$) entre 6,23 e 6,42 e C_3 (1200 $mg.L^{-1}$) entre 6,29 e 6,40. Esse fato demonstra que o coagulante natural não alterou significativamente o pH da água residuária de piscicultura. Após o ensaio, temos que para todas as concentrações o pH está de acordo com a legislação CONAMA 357/2005, no qual a faixa determinada é entre 6,0 a 9,0.

Paterniani et al. (2009), observou em seu experimento sobre o uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais que, durante todos os ensaios os valores de pH não apresentaram alterações significativas permanecendo entre 6 e 7. Oliveira (2011), comprovou que o parâmetro pH não sofreu alteração significativa, indicando possivelmente que o extrato não contribui para alterações na relação H^+ /OH^- em solução.

Pereira et al. (2014), em sua pesquisa sobre tratamento de água de piscina com coagulante de *Moringa oleifera,* verificou que o pH apresentou uma média de 6,94, com uma variação de 2,12%, enquanto o sulfato de alumínio oscilou 7%. Esse resultado mostra uma vantagem do coagulante natural já que a *Moringa oleifera* não alterou significativamente o pH da água de piscicultura.

As Tabelas 14 a 17 apresentam a análise de variância para pH para os tempos T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0228	2	0,0111	2,0417	0,2106	5,1432
Dentro dos grupos	0,0335	6	0,0055			
Total	0,0563	8				

Tabela 14: Análise de variância para o pH no tempo T1 (3 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0074	2	0,0037	1,1351	0,3818	5,1432
Dentro dos grupos	0,0197	6	0,0032			
Total	0,0272	8				

Tabela 15: Análise de variância para o pH no tempo T2 (13 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0048	2	0,0024	1,2840	0,3434	5,1432
Dentro dos grupos	0,0112	6	0,0018			
Total	0,0160	8				

Tabela 16: Análise de variância para o pH no tempo T3 (23 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0004	2	0,0002	0,019	0,9812	5,1432
Dentro dos grupos	0,0667	6	0,0111			
Total	0,0670	8				

Tabela 17: Análise de variância para o pH no tempo T4 (33 minutos)

A análise de variância demonstrou que não foi necessário o teste de Tukey, comprovando que não houve diferença significativa entre as diferentes concentrações, visto que todos os valores de P obtidos são acima de 0,05.

4 I CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível comprovar que o coagulante orgânico extraído de semente de *Moringa oleifera* é eficiente para o tratamento de água residurária de piscicultura.

Para os parâmetros turbidez e cor aparente após os ensaios de sedimentação, a concentração C_3 (1200 $mg.L^{-1}$) apresentou as maiores eficiências de remoção, sendo estas de 44 e 45%, respectivamente.

Os valores de pH para todas as concentrações não tiveram grandes variações se comparado a amostra bruta, mantendo-se em uma faixa de 6,17 a 6,40 comprovando que a *Moringa oleifera* não altera o pH da água residuária de piscicultura.

O emprego do coagulante extraído de semente de *Moringa oleifera* pode ser benéfico para o tratamento de água residurária de piscicultura, fazendo com que o mesmo seja uma solução mais sustentável até mesmo para o reuso deste.

REFERÊNCIAS

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22ª ed. Washington, 2012.

BAPTISTA, A. T. A. et al. **Concentração/purificação do coagulante obtido da semente de *Moringa oleifera* e sua aplicação no tratamento de água**. 11p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

BOURSCHEIDT, C. T. et al. **Coagulação/floculação de águas residuárias do processamento de pescado utilizando *Moringa oleifera Lam*.** 10p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Poder executivo, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 20 de abr. 2015.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção**. Brasília-DF, 18 de junho de 2014. Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/aquicultura/producao>. Acesso em: 26 de mar. 2015.

CAMACHO, F. et al. **Uso do coagulante natural moringa oleifera no tratamento de água com florações de cianobactérias**. 7p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

KATAYON, S. et al. **Effects of storage conditions of *Moringa oleífera* seeds on its performance in coagulation**. Biores. Tech., v. 97, n. 13, pp. 1455-1460, 2006.

OLIVEIRA, L. L. **Análise da taxa de remoção de turbidez em águas naturais utilizando-se extrato de sementes de Moringa oleÍfera Lam**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.1, n.1, p.204-210, Julho, 2011.

PATERNIANI, J. E. S. et al. **Uso de sementes de *Moringa oleífera* para tratamento de águas superficiais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.13, n.6, p.765–771, 2009.

PEREIRA, E. R. *et al.* **Aplicação da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de água de piscina**. In: V Encontro Nacional de Moringa, 2014, Maringá PR.11p. 2014.

RESENDE, D. et al. **Redução do íon nitrato de água coletada em fontes subterrâneas da região de maringá- pr, com sementes de *Moringa oleifera* lam**. 9p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

SCHWARZ, D. **Water clarification using *Moringa oleifera.*** Eschborn: Gate Information Service, 2000.

THEODORO, J. D. P. **Estudo dos mecanismo de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano**. 2012. 184f. Tese (Doutorado em Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR

Helenton Carlos da Silva - Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2007), especialização em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2010) é MBA em Engenharia Urbana pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (2014), é Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental na Universidade Estadual de Ponta Grossa (2016), doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa e pós-graduando em Engenharia e Segurança do Trabalho. A linha de pesquisa traçada na formação refere-se à área ambiental, com foco em desenvolvimento sem deixar de lado a preocupação com o meio ambiente, buscando a inovação em todos os seus projetos. Atualmente é Engenheiro Civil autônomo e professor universitário. Atuou como coordenador de curso de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em projetos e acompanhamento de obras, planejamento urbano e fiscalização de obras, gestão de contratos e convênios, e como professor na graduação atua nas seguintes áreas: Instalações Elétricas, Instalações Prediais, Construção Civil, Energia, Sustentabilidade na Construção Civil, Planejamento Urbano, Desenho Técnico, Construções Rurais, Mecânica dos Solos, Gestão Ambiental e Ergonomia e Segurança do Trabalho. Como professor de pós-graduação atua na área de gerência de riscos e gerência de projetos.

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



2020